

INFILTRAÇÕES NA REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

**Caso de Estudo da Bacia de Drenagem de
Lanheses**

ANTÓNIO JOSÉ CORDEIRO BONITO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Francisco Manuel Oliveira Piqueiro

Coorientador: Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente

JUNHO DE 2014

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais e à Diana

"Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes"

Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

Enumerar todas as pessoas que me auxiliaram na realização deste trabalho é certamente difícil. Mas não podia deixar de particularizar algumas pessoas e entidades pela sua importância e proximidade.

Um apreço à minha família pelo meu crescimento e suporte ao longo de todos estes anos. Aos meus Avós por serem as referências da minha vida. As minhas Avós, por uma ser oito e a outra oitenta. Aos meus Padrinhos pelo apoio dado ao afilhado.

Obrigada Diana por seres o meu bastião e estares sempre a meu lado.

À Inês um abraço irmão, de quem vai estar sempre por e para ela.

Ao meu orientador, Engenheiro Francisco Piqueiro, um grande obrigado. É simplesmente o responsável pelo meu pensar e olhar, “à” engenheiro, do mundo.

Ao meu co-orientador, Engenheiro Tentúgal, pelo seu tremendo exemplo de profissionalismo e pelo seu vasto conhecimento sobre hidráulica urbana, partilhado ao longo do meu percurso académico.

Um agradecimento aos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, em particular ao Eng.º Garcez, pelos dados que me facultaram e pela hospitalidade evidenciada.

Por último, um cabal “Obrigada por tudo” Pai e Mãe.

RESUMO

A problemática das afluências indevidas em redes de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, acarretam graves consequências de cariz ambiental, estrutural e económico. As entidades gestoras destas redes têm-se apercebido aos poucos, da real magnitude nefasta deste fenómeno.

Além de diminuir a eficiência do tratamento de águas residuais, as águas parasitas provocam impactos estruturais e impactos ambientais. Mas, o impacto mais importante é o económico, porque este, tem o fio de condão de ser a premissa mobilizadora para a entidade gestora encetar a mitigação global deste problema. Ao invés, de reparações locais e pontuais, quando se verificam um dos outros dois impactos.

A presente dissertação tem como mote a análise quantitativa deste fenómeno, recorrendo a um caso de estudo: a bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses.

Inicialmente verificou-se um elevado volume excedentário, porque o valor de volume afluente à estação de tratamento é bastante superior ao volume mensal faturado, revelando assim indícios de infiltração de águas parasitas na rede.

Através da base de dados da entidade gestora, foi possível compreender as taxas de adesão e cobertura do sistema de saneamento naquela bacia de drenagem. Tal como, entender a parcela das afluências indevidas, diretamente ligadas à ocorrência de fenómenos pluviométricos. Elencando-se a topografia, geologia, densidade urbana, entre outros aspetos locais influentes nesta temática.

Numa ótica geral de mitigação de infiltrações, propõe-se uma sequência de procedimentos a adotar, visando o combate a esta problemática. Analisando as causas originadoras e apresentando medidas para as controlar.

Todos os valores aqui aplicados, referentes à rede em “baixa”, foram disponibilizados pelos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, responsável por toda a gestão, manutenção, controlo e monitorização da bacia de drenagem de Lanheses. Os dados referentes à estação elevatória, e rede de elevação, foram fornecidos pela Águas do Noroeste.

PALAVRAS-CHAVE: redes de drenagem, infiltrações, mitigação de afluências indevidas, precipitação

ABSTRACT

The problematic of improper inflows into networks of wastewater disposal entail serious environmental, structural and economic consequences. The entities responsible for these networks have been gradually realizing the real magnitude of this harmful phenomenon.

In addition to reducing the efficiency of wastewater treatment, water parasites cause structural and environmental impacts.

But the economic impact is the most important since it has the wire-rod to be the premise for mobilizing the management entity to engage a global mitigation of this problem. Rather than local spot repairs when there are impacts of the other two.

This dissertation has as motto quantitative analysis of this phenomenon using a case study: the drainage basin wastewater of Lanheses.

Initially there was a high volume surplus because the value of the treatment plant influent volume is much higher than the billed monthly volume thus revealing evidence of infiltration of parasites in the water network.

Through the database of the manager it was possible to understand the adherence rates and coverage of sanitation system in that watershed. Such as understanding the plot of undue inflows directly linked to the occurrence of rainfall events. Adding topography, geology, urban density, and other influential local aspects on this topic.

From a general perspective of mitigating leak it is proposed to adopt the following procedures aimed at combating this problem. Analyzing the originators causes and presenting measures to control them.

All values applied here referring to the “low” network were made available by the Municipal Services Sanitation of Viana do Castelo, responsible for all management maintenance control and monitoring of watershed Lanheses. Information concerning the lift station and lifting chains was provided by Águas do Noroeste.

KEYWORDS: drainage basins, infiltration, mitigate undue inflows, rainfall

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMENTOS | i |
| RESUMO | iii |
| ABSTRACT | v |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. APRESENTAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA | 1 |
| 1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS | 2 |
| 1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO | 2 |
| | |
| 2. SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA | 5 |
| 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 5 |
| 2.2. SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS | 5 |
| 2.3. EVOLUÇÃO HISTÓRICA | 5 |
| 2.3.1. CIVILIZAÇÕES ANTIGAS | 6 |
| 2.3.2. IMPÉRIO ROMANO | 6 |
| 2.3.3. IDADE MÉDIA | 7 |
| 2.3.4. MUNDO MODERNO | 7 |
| 2.4. PORTUGAL | 8 |
| 2.4.1. A QUESTÃO SANITÁRIA | 8 |
| 2.4.2. ESTADO NOVO | 8 |
| 2.4.3. TERCEIRA REPÚBLICA E INTEGRAÇÃO EUROPEIA | 9 |
| 2.5. ENQUADRAMENTO ATUAL DO SISTEMA | 10 |
| 2.5.1. PLANO ESTRATÉGICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS | 18 |
| 2.5.2. ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL | 20 |
| 2.5.3. ENQUADRAMENTO LEGAL – LEGISLAÇÃO RELEVANTE | 20 |
| 2.6. COMPONENTES DAS ÁGUAS RESIDUAIS | 21 |
| | |
| 3. AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS | 23 |
| 3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 23 |
| 3.2. AFLUÊNCIAS INDEVIDAS | 24 |

| | |
|---|----|
| 3.3. TIPOS DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS | 25 |
| 3.3.1. INFILTRAÇÃO DIRETA | 27 |
| 3.3.2. INFILTRAÇÃO INDIRETA | 28 |
| 3.4. IMPACTO DAS INFILTRAÇÕES NO DESEMPENHO FUNCIONAL DOS SISTEMAS DE DRENAGEM | 29 |
| 3.4.1. IMPACTO AMBIENTAL E SAÚDE PÚBLICA | 29 |
| 3.4.2. IMPACTO TÉCNICO/ESTRUTURAL | 30 |
| 3.4.3. IMPACTO SOCIOECONÓMICO | 30 |
| 3.5. QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS | 31 |
| 3.5.1. CÁLCULO DO CAUDAL INFILTRADO EM FASE DE PROJETO | 31 |
| 3.5.2. CÁLCULO DO CAUDAL INFILTRADO EM FASE DE PROJETO | 34 |
| 3.6. MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO | 35 |
| 3.6.1. INFILTRAÇÃO DIRETA | 35 |
| 3.6.2. INFILTRAÇÃO INDIRETA | 37 |
| 3.6.3. INFILTRAÇÃO INDIRETA E DIRETA | 40 |
| 3.7. MODELOS DE SIMULAÇÃO | 42 |
| 3.8. INDICADORES DE DESEMPENHO | 43 |
| 3.9. ASSESSING INFILTRATION AND EXFILTRATION ON THE PERFORMANCE OF URBAN SEWER SYSTEMS | 46 |
| 3.10. MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO DE ANOMALIAS | 47 |
| 3.10.1. TESTE COM RECURSO A MARCADORES | 47 |
| 3.10.2. INJEÇÃO DE FUMO | 47 |
| 3.10.3. INSPEÇÃO VISUAL CCTV | 48 |
| 3.10.4. “JETTING” | 49 |
| 3.10.5. ISOLAMENTO DE PEQUENOS TROÇOS DA REDE | 49 |
| 3.11. ANÁLISE DE LOCAIS E ELEMENTOS VULNERÁVEIS | 50 |
| 3.11.1. CARTAS TOPOGRÁFICAS | 50 |
| 3.11.2. ESTADO DE CONSERVAÇÃO | 51 |
| 3.11.3. CRUZAMENTOS DE REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESÍDUAS COM ÁGUAS PLUVIAIS | 51 |
| 3.11.4. ELEMENTOS VULNERÁVEIS | 51 |
| 3.12. CUSTOS ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE INFILTRAÇÕES | 52 |
| 3.12.1. CUSTOS OPERACIONAIS | 52 |
| 3.12.2. CUSTOS DE MANUTENÇÃO | 52 |
| 3.12.3. CUSTOS DE INVESTIMENTO | 52 |

| | |
|---|-----------|
| 3.13. CONTROLO DA INFILTRAÇÃO | 53 |
| 4. CARATERIZAÇÃO DA REGIÃO DO CASO DE ESTUDO | 55 |
| 4.1. INTRODUÇÃO | 55 |
| 4.2. VIANA DO CASTELO | 55 |
| 4.2.1. GEOMORFOLOGIA | 58 |
| 4.2.1. RELEVO..... | 59 |
| 4.2.3. OCUPAÇÃO DO SOLO..... | 59 |
| 4.2.4. INDÚSTRIA | 60 |
| 4.2.5. ÁGUA | 60 |
| 4.3. PRECIPITAÇÃO | 61 |
| 4.4. HISTÓRIA DOS SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE SANEAMENTO BÁSICO DE VIANA DO CASTELO..... | 62 |
| 4.5. LANHESES | 63 |
| 4.5.1. GEOMORFOLOGIA | 64 |
| 4.5.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO E DRENAGEM EM LANHESES | 65 |
| 4.6. BACIA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DE LANHESES..... | 66 |
| 4.6.1. ANÁLISE DAS TAXAS DE ADESÃO E COBERTURA DA REDE | 68 |
| 4.6.2. ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO SISTEMA..... | 72 |
| 4.6.3. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE LANHESES/GERAZ DO LIMA..... | 73 |
| 5. CASO DE ESTUDO – REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DE LANHESES | 75 |
| 5.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 75 |
| 5.2. QUANTIFICAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS | 76 |
| 5.3. QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS | 79 |
| 5.4. CAUSAS E EFEITOS DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS | 81 |
| 5.5. IMPORTÂNCIA DA PRECIPITAÇÃO NAS INFILTRAÇÕES | 85 |
| 5.6. DIVISÃO ENTRE INFILTRAÇÃO DE TEMPO HÚMIDO E SECO | 87 |
| 5.7. CAUSAS PRINCIPAIS DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM LANHESES | 90 |
| 5.7.1. PRECIPITAÇÃO..... | 90 |
| 5.7.2. PROFUNDIDADE DOS COLETORES | 90 |
| 5.7.3. SOLO GEOLOGIA | 91 |
| 5.7.4. RIO LIMA..... | 91 |

| | |
|--|-----------|
| 5.7.5. REDES DOMÉSTICAS | 91 |
| 5.7.6. REDE PLUVIAL..... | 91 |
| 5.8. CAUSAS PRINCIPAIS DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM LANHESES | 91 |
| 5.8.1. CAUDAL UNITÁRIO POR CÂMARA DE VISITA..... | 92 |
| 5.8.2. CAUDAL UNITÁRIO POR COMPRIMENTO DO COLETOR | 92 |
| 5.9. LOCAIS CHAVES NA REDE DOS SMSBVC | 93 |
| 5.10. ANALISAR A REDE DAS ÁGUAS DO NOROESTE, EE E ETAR..... | 94 |

6. RECOMENDAÇÕES NA MITIGAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

95

| | |
|--|-----------|
| 6.1. SOLUÇÕES ESPECÍFICAS PARA A BACIA DE LANHESES..... | 95 |
| 6.1.1. MIGRAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS | 96 |
| 6.2. PERCEÇÃO FINANCEIRA | 96 |
| 6.3. CONFLITO ENTRE EG’S; “ALTA” VS “BAIXA” | 97 |
| 6.4. ORIENTAÇÃO NA MITIGAÇÃO DE INFILTRAÇÕES | 98 |

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

103

| | |
|---|------------|
| 7.1. NOTAS FINAIS..... | 103 |
| 7.2. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS..... | 104 |

BIBLIOGRAFIA.....

105

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de saneamento de águas residuais em alta, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013 | 16 |
| Figura 2.2 Indicadores gerais do setor de saneamento de águas residuais em alta, por submodelo de gestão, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013..... | 16 |
| Figura 2.3 Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de saneamento de águas residuais em “baixa”, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013 | 17 |
| Figura 2.4 Indicadores gerais do setor de saneamento de águas residuais em baixa, por submodelo de gestão, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013..... | 17 |
| Figura 2.5 Evolução do nível de cobertura do serviço de saneamento de águas residuais em Portugal (1994-2011) (Fonte: INAG – Inventários Nacionais de Saneamento Básico, PNA, INSAAR 2010 – campanha 2009, e ERSAR, 2013)..... | 19 |
| Figura 3.1 Ciclo Vicioso dos Sistemas de Águas Residuais..... | 30 |
| Figura 3.2 Identificação gráfica das afluências indevidas. (Metcalf, L. [et al.], 2004)..... | 34 |
| Figura 3.3 Caracterização isotópica e decomposição do hidrograma diário nas suas componentes básicas (Rodrigues, V.d.A.T., 2013) | 39 |
| Figura 3.4 Aplicação do método do triângulo para a separação das parcelas de água residual, infiltração e escoamento superficial na ETAR de Mirandela. (Amorim, H.A.A.d., 2007) | 40 |
| Figura 3.5 Separação dos hidrogramas obtidos em duas bacias de drenagem na Suíça. (Kracht, O. [et al.], 2007)..... | 42 |
| Figura 3.6 Ponto ótimo (Amorim, H.A.A.d., 2007)..... | 53 |
| Figura 4.1 Contextualização geográfica do concelho de Viana do Castelo | 55 |
| Figura 4.2 Mapa do concelho de Viana do Castelo (antigo) | 56 |
| Figura 4.3 Mapa do concelho de Viana do Castelo (atual) | 57 |
| Figura 4.4 Carta de solos de Viana do Castelo (APA)..... | 58 |
| Figura 4.5 Carta hipsométrica de Viana do Castelo (Fonte: http://sniamb.apambiente.pt/atlas/) | 59 |
| Figura 4.6 Tipologia das áreas urbanas..... | 59 |
| Figura 4.7 Pluviométrico..... | 62 |
| Figura 4.8 Imagem de satélite da Freguesia de Lanheses (google earth) | 63 |
| Figura 4.9 Carta morfológico de Lanheses | 64 |
| Figura 4.10 Ensaio de estanquidade à rede (SMSBVC) | 66 |
| Figura 4.11 Mapa da bacia e rede de drenagem de águas residuais de Lanheses..... | 70 |
| Figura 4.12 Rede de drenagem de águas residuais de Lanheses | 71 |
| Figura 4.13 Redes paralelas de entidades gestoras diferentes..... | 71 |
| Figura 4.14 Estação elevatória da rede | 72 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.15 Proveniências de esgoto à ETAR Lanheses/Geraz do Lima | 73 |
| Figura 5.1 Efeito da precipitação na infiltração em redes de drenagem..... | 84 |
| Figura 5.2 Ilustração da infiltração por GW | 90 |
| Figura 5.3 Troço profundo | 93 |
| Figura 5.4 Segmento com ângulos retos | 93 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 2.1 Definição dos diferentes tipos de sistemas..... | 11 |
| Quadro 2.2 Vantagens e desvantagens de diferentes tipos de sistemas..... | 12 |
| Quadro 2.3 Componentes do sistema e sua finalidade | 13 |
| Quadro 2.4 Estruturação do sistema em “alta” | 14 |
| Quadro 2.5 Estruturação do sistema em “baixa” | 15 |
| Quadro 3.1 Definição dos diferentes tipos de afluência indevida (Rodrigues, V.d.A.T., 2013)..... | 26 |
| Quadro 3.2 Diferentes critérios, para se quantificar em projeto a contribuição da infiltração | 33 |
| Quadro 3.3 Vantagens e Desvantagens dos Métodos | 50 |
| Quadro 4.1 Caracterização das freguesias do concelho de Viana do Castelo | 57 |
| Quadro 4.2 Precipitação mensal em Viana do Castelo | 61 |
| Quadro 4.3 Evolução do número de clientes dos SMSBVC | 65 |
| Quadro 4.4 Dados do sistema (SMSBVC) | 67 |
| Quadro 4.5 Taxas segundo a população | 68 |
| Quadro 4.6 Evolução dos clientes de drenagem de água residuais..... | 68 |
| Quadro 4.7 Taxas segundo Consumidores | 68 |
| Quadro 4.8 Taxas segundo os Fogos Habitacionais | 69 |
| Quadro 5.1 Volumes ótimos de bombagem em m3..... | 78 |
| Quadro 5.2 Volumes registados pelo SMSBVC entre 2009 e 2013 | 79 |
| Quadro 5.3 Exame do volume excedentário em percentagem do volume total e em população | 80 |
| Quadro 5.4 Registos anuais de precipitação e de afluências indevidas..... | 84 |
| Quadro 5.5 Cálculo do volume mensal de águas residuais..... | 86 |
| Quadro 5.6 Registos da precipitação e volumes afluídos à ETAR | 87 |
| Quadro 5.7 Perceção da não contribuição da chuva | 88 |
| Quadro 5.8 Perceção da contribuição da chuva | 89 |
| Quadro 5.9 Média de tempo seco e húmido | 89 |
| Quadro 5.10 Registos de precipitação | 90 |
| Quadro 6.1 Evolução das afluências indevidas e consequentes custos | 95 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 5.1 Volumes anuais medidos na ETAR e faturados dos contratos de abastecimento em m3 (dados disponibilizados pelos SMSBVC) | 77 |
| Gráfico 5.2 Volumes mensais afluídos à ETAR em m3..... | 78 |
| Gráfico 5.3 Comparação entre os volumes bombados na EE e os afluídos à ETAR, em m3 | 79 |
| Gráfico 5.4 Análise dos volumes anuais e a sua diferença, em m3 | 80 |
| Gráfico 5.5 Dados de 2009 | 81 |
| Gráfico 5.6 Dados de 2010 | 82 |
| Gráfico 5.7 Dados de 2011 | 82 |
| Gráfico 5.8 Dados de 2012 | 83 |
| Gráfico 5.9 Dados de 2013 | 83 |
| Gráfico 5.10 Padrão de consumo da bacia..... | 85 |
| Gráfico 5.11 Análise das médias mensais da precipitação, volume afluído e volume de águas residuais | 86 |

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

DEC – Departamento de Engenharia Civil

DR – Decreto Regulamentar

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

PEAASAR – Plano Estratégico de Água e Saneamento de Águas Residuais

INAG – Instituto Nacional da Água

DL – Decreto de Lei

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

RASARP – Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal

QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional

EN – Norma Europeia

CEN – Comité Europeu de Normalização

EPA – *Environmental Protection Agency*

EUA – Estados Unidos da América

I/I – *Infiltration & Inflow*

II – Infiltração Indireta

ID – Infiltração Direta

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

NBR – Norma Brasileira

ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnica

PVC – Policloreto de Vinilo

VnjT - Volume Total Medido no Ponto de Medição j no Dia de Chuva n

Vnjad – Volume de Águas Residuais Domésticas Medido no Ponto de Medição j no Dia de Chuva n

Vnjap Volume de Águas Pluviais Medido no Ponto de Medição j no Dia de Chuva n

M - Número de Dias do Último Período Contínuo de Tempo Seco

CCTV – *Close Circuit Television*

CTS – Caudal de Tempo Seco

Qproj – Caudal de projeto

k – Coeficiente de minoração

Pop – População

Cap – Capitação

Qinds – Caudal industrial

AI – Afluências Indevidas

Cm24h – Caudal Médio de Consumo Durante um Dia

Pt – Precipitação durante um dia t

API – *Antecedent Precipitation Index*

NAPI – *Normalized Antecedent Precipitation Index*

APUSS – *Assessment Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems*

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Qinf – Caudal Infiltrado

QSC – Caudal de Secção Cheia

Qmts – Caudal Médio Diário de Tempo Seco

NºCvisita – Número Total de Caixas de Visita

Lcoletor – Comprimento do coletor

^xO – Isótopo de Oxigénio de massa x

pH – Potencial de Hidrogénio

Q_t - Caudal total

C_t – CQO do caudal total

Q_{AR} – Caudal de água residual doméstica

C_{AR} - CQO das águas residuais domésticas

Q_{infl} - Caudal infiltrado

C_{infl} - CQO das águas infiltradas

CQO – Carência Química de Oxigénio

PME – Pequenas e Médias Empresas

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

SMOW – *Standard Mean Oceanic Water*

SWMM – *Stormwater Management Model*

NUT – Unidades Territoriais Estatísticas de Portugal

WRB – *World Reference Base for Soil Resources*

IUSS – *International Union of Soil Sciences*

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

INE – Instituto Nacional de Estatística

SMSBVC – Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo

AA – Abastecimento de Água

AR – Águas Residuais

EE – Estação Elevatória

GWl – *GroundWater Infiltration*

Rll - *Rainfall Induced Infiltration*

SWl – *StormWater Inflow*

DWl – *DryWeather Inflow*

EG – Entidade Gestora

1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA

Tradicionalmente, a problemática das aflúências indevidas nos sistemas de águas residuais tem sido negligenciada. As entidades gestoras destes sistemas têm-se focado essencialmente na expansão e, consequentemente, no aumento de cobertura do serviço. No entanto, a maturação da infraestrutura e natural deterioração, têm conduzido a um aumento significativo dos volumes infiltrados, refletindo-se negativamente no desempenho do sistema.

A rede de drenagem é a estrutura responsável pela recolha e transporte das águas residuais produzidas nas habitações, estabelecimentos comerciais e industriais, para instalações de tratamento de águas residuais, visando a sua devolução com características qualitativas não prejudiciais ao meio hídrico recetor.

O seu dimensionamento é realizado de acordo com o regulamento geral dos sistemas público e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais (DR nº23/95). Onde, apesar de omitir as características locais possíveis de influir o seu valor, se contabiliza a presença de infiltrações indesejáveis no caudal de projeto (Decreto regulamentar nº 23/95, 1995).

As infiltrações são o principal impedimento da propícia eficiência e eficácia dos sistemas de saneamento. Os níveis de operacionalidade da rede mais afetados por este problema são o ambiental, o financeiro e o estrutural. A nível estrutural, além do acréscimo da deterioração da infraestrutura, estas águas parasitas podem transformar o regular escoamento em superfície livre, em escoamento sob pressão, levando à entrada em carga das condutas. Noutra vertente, a necessidade de descarregar caudal excedentário, através de descarregadores de tempestade ou ligações *bypass*, é prejudicial a nível ambiental, porque estes caudais fomentam a poluição no meio ambiente recetor. Já a nível financeiro, pelo simples facto das aflúências não serem faturadas, mas serem transportadas e tratadas, tal qual águas residuais, conduzem a um natural acréscimo dos custos operacionais.

Nesta lógica, a correta definição e estimativa dos caudais excedentários a afluir ao sistema de drenagem é extremamente importante. Permitindo assim, além da estimativa dos custos monetários, decidir estratégias de operacionalidade, monitorização e manutenção, com o intuito de assegurar o bom funcionamento do sistema e procurar prorrogar a vida útil da infraestrutura. Porém, nunca se pode descurar um certo grau de incerteza no cálculo destes volumes excedentes.

Interessa salientar que a infiltração não acarreta somente aspetos negativos. Apesar de irrisórios, existem aspetos positivos, usualmente em tempo seco e no período noturno, como o aumento da autolimpeza, prevenção do processo de sedimentação e diminuição, quer da septicidade, quer do odor e da corrosão nas tubagens.

A única solução assertiva desta problemática passa pela reabilitação da rede. No entanto, é necessária uma avaliação coerente e sistemática do sistema de esgoto, para se determinar o custo-benefício de qualquer programa de reabilitação visando a mitigação das afluições indevidas.

1.2 ÂMBITO E OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal a perceção da real magnitude das infiltrações nos sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo. Naturalmente, a impossibilidade de atingir a completa estanquidade da rede promove a entrada de águas parasitas. Mas, além de relatar a sua presença, é necessário quantificar o seu volume para se poder estudar, não só as implicações estruturais, como também a sua vertente económica.

Aproveitando o caso de estudo da bacia de drenagem de Lanheses, pretendeu-se analisá-la globalmente, com o intuito de entender a dimensão e o porquê de tais afluições indevidas, num sistema tão simples e jovem. Se a sua quantificação é simplesmente a diferença entre o volume faturado e o volume afluído à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), a segregação das suas diferentes parcelas e a perceção das suas causas, é um trabalho subjetivo e complexo.

Consequentemente, esta dissertação assenta no exame desta bacia, focando-se essencialmente, a problemática das infiltrações inconvenientes, mas também a taxa de cobertura e adesão da rede, tal como o estudo das características locais que podem influenciar, direta ou indiretamente, este problema das afluições indevidas.

Uma vez que ainda não existem muitos estudos úteis neste âmbito, esta dissertação tem também como um dos seus objetivos, fomentar o interesse na temática das afluições indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, em Portugal.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos.

O Capítulo 1 consiste na introdução à dissertação, no qual se apresenta o tema abordado neste trabalho, tal como a exposição dos pressupostos a alcançar no mesmo. Também se descreve a organização dada a esta dissertação.

O Capítulo 2 faz uma descrição histórica do desenvolvimento dos sistemas de drenagem urbana no Mundo, particularizando o caso Português. Ainda neste capítulo, descrevem-se as diferentes componentes das águas residuais e realiza-se um enquadramento dos patamares atuais de serviço e da legislação relevante sobre este assunto

O Capítulo 3 diz respeito à exposição da temática das infiltrações em sistemas de drenagem residuais. Define a distinção entre infiltrações diretas e indiretas. Apresenta ainda, genericamente, as metodologias de quantificação, as causas e os impactos deste fenómeno.

No Capítulo 4 há uma descrição abreviada do concelho de Viana de Castelo e da região do caso de estudo. Simultaneamente é realizada uma caracterização retalhada do sistema de drenagem de águas residuais de Lanheses, sem se descartar a devida apresentação da entidade gestora. Também é elaborada uma análise diferenciada entre os sistemas de abastecimento de água e os de drenagem de águas residuais.

O Capítulo 5 analisa a questão dos caudais excedentes da bacia de drenagem de Lanheses, com base nos dados disponibilizados pela entidade gestora. Com o desígnio subsequente de, ao quantificar as afluências indevidas, compreender-se quais as suas razões geradoras. Ainda neste capítulo, distingue-se a parcela de infiltração referente à ocorrência de pluviosidade, da parcela de não ocorrência de pluviosidade.

No Capítulo 6 apresentam-se soluções a implementar nesta bacia de drenagem, na perspetiva de combater as afluências indevidas. Denote-se, igualmente neste capítulo, a apresentação de uma metodologia genérica para a mitigação das infiltrações indesejadas nas redes de drenagem de águas residuais, do tipo separativo.

Por fim, no Capítulo 7, sintetizam-se as principais conclusões a retirar da realização deste trabalho, especialmente as obtidas na análise do caso de estudo. Também se apresentam sugestões para trabalhos futuros nesta área.

2

SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos sistemas de drenagem urbana, a impossibilidade de segregar por completo, os subsistemas de águas residuais e de águas pluviais, não é entrave para evidenciar um, em detrimento do outro. Consequentemente, a orientação dada a este trabalho é essencialmente focando o saneamento básico, ou seja, o estudo dos sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo.

2.2 SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Os sistemas de drenagem de águas residuais são infraestruturas constituídas, essencialmente, por redes de coletores, que captam e conduzem as águas residuais domésticas, o afluente industrial e comercial, para instalações de tratamento, visando a sua posterior rejeição no meio hídrico.

São estes sistemas que fazem o “trabalho sujo” de retirar as águas residuais das habitações e encaminhá-las para uma ETAR. Onde, por processos químicos, físicos e biológicos, dotam o esgoto com características menos poluentes. Desejando, que essas águas ao serem devolvidas ao ciclo da água, não sejam prejudiciais aos ecossistemas envolventes.

De forma simplista e saindo do conceito mais técnico, os sistemas de drenagem são a resposta à consequência do sedentarismo, da densidade populacional e ainda da saúde pública. O desenvolvimento de técnicas, como a agricultura ou a pecuária, conduziu o Homem, anteriormente nómada, à sua sedentarização. A formação de vilas, cidades e outras formas de comunidades urbanas, foi consequência direta destes fenómenos que promovem a agregação populacional, aumentando assim a densidade populacional. Além disto, a questão da higiene e propagação de epidemias, fomentou, e muito, a fundação de redes de drenagem urbana para elevar a qualidade de vida das pessoas.

2.3 EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Apesar de existirem registos históricos, relativos à drenagem de águas residuais, com mais de 5000 anos, só nos últimos 150 anos é que houve, verdadeiramente, desenvolvimentos significativos nesta área. Isto deveu-se sobretudo, à urgência de corresponder, satisfatoriamente, aos patamares exigidos atualmente pela nossa sociedade, em matéria de saúde pública, ambiental (especialmente da qualidade da água dos meios hídricos recetores), e ainda, para responder à demografia populacional e geográfica local (Matos, 2003).

A importância do saneamento básico, e sua correlação à saúde humana, remonta às mais antigas culturas. O saneamento básico desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda das mesmas, ora renascendo com o aparecimento sucessivo de outras.

2.3.1 CIVILIZAÇÕES ANTIGAS

Os primeiros registros arqueológicos de sistemas de eliminação de águas residuais foram encontrados em Nippur, na Suméria, há cerca de 5000 anos atrás. Os resíduos dos palácios, e das áreas residenciais da cidade, eram coletados e encaminhados para o exterior da cidade, por um elaborado sistema de drenagem (Rahman & Alias, 2007).

Curiosamente, os sistemas separativos são utilizados desde muito cedo pelas primeiras civilizações com sistemas de drenagem urbana. Aplicou-se pela primeira vez na cidade de Knossos, Grécia, por volta do ano 2000 A.C, onde se coletava esgoto e água da chuva, separadamente (Rahman & Alias, 2007).

Os primeiros avanços tecnológicos são da responsabilidade do Império Mesopotâmico (2500 A.C). Conjetura-se que, tal esforço tenha sido fruto da obsessão deste povo pela higiene pessoal. Este foi o mote, para o impulso do desenvolvimento de soluções engenhosas na problemática de escoar as águas residuais. Para este império, a impureza do corpo era sinónimo de uma alma igualmente suja (Burian & Edwards, 2002; Matos, 2003).

No Oeste da Índia, por volta de 2500 A.C., viveu a civilização de Harappa, que já possuía latrinas com água corrente. Estas estavam ligadas a canais construídos com tijolos, englobando um sistema sanitário que incluía câmaras e sumidouros (Coelho, 2013).

No Oriente, mais especificamente na China, existem relatos históricos sobre a temática da drenagem das águas residuais, que datam de 200 D.C. Ainda no Oriente, foram descobertos vestígios, provavelmente depois do século VI, dos chamados “canais de limpeza” de Angkor, a cidade dos cinco picos, construída pelo povo Khmer (Coelho, 2013).

2.3.2 IMPÉRIO ROMANO

Baseados no trabalho desenvolvido pela civilização etrusca, no século VI A.C., no planeamento e na organização urbana na Itália Central, o Império Romano promoveu os mais significativos avanços técnicos, de que há registos, na área da drenagem (Burian & Edwards, 2002).

O expoente máximo desse desenvolvimento foi a Cloaca Máxima de Roma, a mais antiga rede de drenagem de águas residuais do Mundo, que drenava o esgoto de parte significativa da cidade para o rio Tibre, com o intuito de melhorar a qualidade de vida dos habitantes de Roma. Tratava-se, em suma, de um serviço público. Previsivelmente, devido à necessidade de financiar tal serviço foi estabelecido o “*cloacarium*”, imposto cobrado pelos “*curadores cloacarum*”, com a finalidade de assegurar a manutenção e exploração da rede em labor (Burian & Edwards, 2002; Coelho, 2013; Matos, 2003).

Os Romanos tinham muito cuidado e atenção à temática da drenagem urbana, principalmente no que respeitava ao saneamento básico. Disso é exemplo, a existência de “Vénus Cloacina”, a deusa da mitologia romana da saúde, da beleza e dos esgotos. A “*Dejecti Effusive Act*”, lei que apesar de só poder ser aplicada durante o dia, ditava que, “uma pessoa deve ser multada e pagar uma

indenização ao lesado, por jogar ou despejar “mísseis de alegria” para fora de uma janela aberta e atingir alguém”. Além disto, há que mencionar os sanitários públicos, que estavam dispersos por Roma às dezenas, sendo que apenas no século IV já havia 144 latrinas públicas, com mais de 4.000 lugares (Burian & Edwards, 2002).

2.3.3 IDADE MÉDIA

Com a queda do Império Romano houve um esmorecimento das sociedades urbanas em detrimento das rurais. Em termos sanitários, admite-se até uma certa regressão durante o período da Idade Média, uma vez que, a higiene pessoal e a limpeza não constituam, de todo, uma preocupação da população (Coelho, 2013).

Foi um período negro em termos de saúde pública, proliferando doenças e epidemias por toda a Europa. Embora cidades como Paris e Londres, crescessem demograficamente, a norma era a existência de aglomerados populacionais pequenos, em que o saneamento básico era facilmente dispensável pela população rural. Porque a necessidade de fertilizar campos, existência de terrenos baldios e cursos de água na proximidade, entre outros fatores, levavam o povo a não sentir falta de uma rede de drenagem de águas residuais.

Só a partir do século XVIII é que a higiene pessoal readquire um estatuto de distinção. No entanto, restrita a algumas classes sociais muito específicas (Burian & Edwards, 2002).

A primeira vala coberta para transporte de águas residuais foi a fossa de St. Opportune, em Paris, no ano de 1370. Funcionava como intercetor das afluições oriundas de uma das margens do rio Sena, que era naturalmente o destinatário final das águas coletadas, por esse mesmo intercetor. Porém, enterrar os coletores, não era de todo usual, mantendo-se o hábito corrente das valas abertas de esgoto (Matos, 2003).

Longo foi o tempo no qual a drenagem urbana foi descurada. Durante séculos não houve inovações significativas, muito menos o aperfeiçoamento e expansão de redes de drenagem.

2.3.4 MUNDO MODERNO

A revolução industrial foi o motor para o desenvolvimento e difusão de sistemas de drenagem urbana. O aumento populacional das cidades, novos e melhores materiais, e a necessidade de planeamento e organização urbana, levaram ao projeto e execução de redes de drenagem.

No final do século XIX, o uso do betão em coletores de secção circular, com autolimpeza e sem juntas transversais, constitui um marco relevante. Superando assim a tradicional construção de grandes infraestruturas em pedra ou tijolo. No século XIX, os engenheiros já tinham consciência da importância da autolimpeza e do declive, para assegurar menores encargos, assim como, dos problemas com a manutenção das redes públicas. Também neste século se desenvolveram, em Paris, diversos equipamentos de limpeza (as famosas “esferas metálicas”) e dispositivos de descarga automática sifonada, que produzem efeitos de tampão ou de “barragem”, a fim de criar condições cíclicas de arrastamento nos coletores (Matos, 2003).

2.4 PORTUGAL

Os primeiros registos históricos a mencionar a existência de uma rede de saneamento na capital de Portugal, Lisboa, remontam ao século XV. Existem evidências de que o rei D. João II, em virtude da peste que assolava a cidade, terá mandado limpar os “canos”. Os ditos “canos” tinham como função primordial a recolha das águas pluviais, mas juntavam todo o tipo de despejos, tornando-se obviamente um foco de moléstias e epidemias para os Lisboaetas (Brandão, 2011; Pato, 2011).

2.4.1 A QUESTÃO SANITÁRIA

Só nos finais do século XIX começou a ser interligado o binómio “causa-efeito”, o crescimento demográfico e a aglomeração urbana como principais causas dos crescentes problemas sanitários do país. Era relativamente consensual, correlacionar doenças infecciosas, como a febre tifóide, com a inexistência de sistemas de drenagem urbana e de abastecimento de água potável. Sendo esta essencialmente uma questão urbana, já que a cidade era um “órgão à parte do conjunto nacional”. Em 1864, Porto e Lisboa representavam 60% da população urbana, mas somente 7,4% da população nacional, mas em contrapartida, assinalavam um elevado acréscimo populacional em comparação com o crescimento a nível nacional. Nessa época, só seria possível alcançar a saúde pública e higienização por meio de sinergias entre educação, fiscalização, engenharia e administração. Não é exequível uma análise estatística destes pressupostos, pela lacuna de registos à data, pela falta de cadastros de causas de morbilidade e mortalidade, nem sequer laboratórios sanitários existiam. (ERSAR, 2013; Pato, 2011)

O ideário reformista, Dr. Ricardo Jorge, Diretor-Geral de Saúde no final do século XIX, foi confrontado com dois grandes obstáculos: a organização político-administrativa e a crise financeira de 1891. Consequentemente, a capacidade de investir em equipamentos sanitários e na infraestruturação de sistemas de esgotos era praticamente nula, levando a um estado sanitário débil e doentio. Somente Lisboa e Porto tiveram sinais, muito ténues, de melhoria nesta área (ERSAR, 2013).

Inicia-se nesta época, a formação dos dois vetores distintos, que ainda hoje regem as bases da gestão dos sistemas de drenagem urbanos nacionais. Se por um lado, o Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria ditava a orientação técnica e planificação das obras. Criando-se para isso, em 1899, a Junta Central de Melhoramentos Sanitários, que teve evoluções na sua nomenclatura, mas mantendo as suas linhas mestras: fiscalizadora, orientadora e reguladora. Mas o investimento nesta área foi residual, em comparação com o investimento avultado ao nível dos transportes e comunicações. Já por outro lado, o poder local, a quem competia a iniciativa necessária para a realização de tais obras e respetivos encargos financeiros. A concentração das responsabilidades políticas, relativas a esta temática, estava ao encargo das autarquias (ERSAR, 2013; Pato, 2011);

Antes da revolução militar de 28 de Maio de 1926, passados mais de 30 anos, o modelo de administração sanitária idealizado, no início do século XIX, por Ricardo Jorge, era um projeto adiado e retardado por falta de orçamento e pela instabilidade política nacional e internacional.

2.4.2 ESTADO NOVO

Apesar da mudança de regime, o enfoque mantinha-se essencialmente na responsabilidade exclusiva das câmaras municipais pelas intervenções a realizar, particularmente em meio urbano. O governo criou duas unidades administrativas, em dois ministérios distintos, para intervirem na regulação

técnica do planeamento das obras, no financiamento necessário à sua concretização e na fiscalização sanitária. Também foi publicado um conjunto de diplomas entre 1931 e 1933, que definiram o enquadramento geral de políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas (ERSAR, 2013).

Se às autarquias incumbia a manutenção do sistema e a iniciativa de encetar novas infraestruturas na rede, ao Estado incumbia a supervisão técnica, administrativa e financeira, evidenciando a clara segregação entre o meio rural e o meio urbano, em termos de prioridades, oportunidades e investimento. Porém, esta supervisão era falaciosa, porque o Estado detinha a total soberania decisora. Já que, tinha o poder de bloquear as decisões camarárias, mandar nos orçamentos municipais e, ocupava-se da nomeação governativa dos titulares dos principais cargos administrativos locais e das instituições dos regimes de inspeção administrativa (ERSAR, 2013).

Esta iníqua função do Estado manteve-se até o início da década de 70. A orientação principal centrava-se no abastecimento de água potável às populações, desprezando os sistemas de drenagem urbana que, lamentavelmente, só tiveram enquadramento legal em 1970, possibilitando assim condições especiais de financiamento para a construção deste tipo de infraestruturas. Desta forma, é possível concluir que ao longo do período de vigência do Estado Novo, o ritmo de infraestruturização do país com sistemas domiciliários de águas e esgotos foi vagaroso. Isto deveu-se ao facto de apenas 17% da população de Portugal Continental ter acesso a rede de esgotos, resultando em 83% de portugueses sem acesso a rede de esgotos ou fossas coletivas no final da sua governação (ERSAR, 2013).

2.4.3 TERCEIRA REPÚBLICA E INTEGRAÇÃO EUROPEIA

Um dos principais erros até 1975 foi a inexistência, quer de um plano estratégico nacional nesta área, quer da iniciativa de formar técnicos para monitorizar e gerir as poucas infraestruturas edificadas. Era ainda necessário criar ou expandir as respetivas infraestruturas praticamente por todo o país, promover a conversão sanitária das habitações e garantir que estas eram ligadas às respetivas redes de água e esgotos. O reconhecimento da questão sanitária continuava por se resolver, sobretudo nas povoações rurais, onde estava localizada a maioria da população nacional, em quebra desde dos anos 60, somando ainda a transferência de responsabilidades para as câmaras municipais, que declaradamente não tinham capacidades técnica e financeira para a sua resolução (ERSAR, 2013).

Até 1979 manteve-se a via de ser o Estado, agora através da utilização de verbas do Orçamento do Estado, o financiador das autarquias. Todavia, nesse mesmo ano é consagrada a autonomia financeira dos municípios, com a Lei das Finanças Locais, e extinto o regime de participações estatais. Esta mudança é contemporânea de outro grande impulso para o desenvolvimento nacional - o início da integração comunitária - facilitando assim o acesso externo a uma série de instrumentos financeiros como os Fundos Comunitários e os Fundos Estruturais, para além de possibilitar o acesso a crédito em condições especiais junto do Banco Europeu de Investimento (ERSAR, 2013).

Até inícios da década de 90, esta temática estava englobada nas políticas públicas do ambiente. Em 1993, dá-se a reforma operativa do setor com a criação do Instituto da Água (INAG) e do grupo empresarial público Águas de Portugal, que vêm a separar os sistemas em “alta” e “baixa”, juntamente com a possibilidade de diferentes tipos de gestão dos sistemas. Sendo o regulador destes serviços, o Instituto Regulador de Água e Resíduos (IRAR), criado em 1998.

Todavia, em vez de se clarificar e agilizar os processos, complicou-se ainda mais. A burocracia, os interesses económicos e a falta de estatísticas que fundamentassem a boa aplicação dos fundos, arruinaram as proveitosas condições empostas a Portugal para que se desenvolvesse eficazmente. A lacuna estatística nesta matéria é infeliz, porque embarga qualquer correlação entre o investimento realizado e os níveis de serviço alcançados. Impossibilitando também, a correta fundamentação de futuros investimentos nesta área. Ainda há a acrescentar a proliferação de entidades, institutos, legislação, diplomas, que obstruíram o bom desenvolvimento do saneamento em Portugal.

A empresarialização do setor na década de 90 e o plano diretor de saneamento básico (1980-1990) foram os impulsionadores do aumento do nível de cobertura nacional dos sistemas de água e esgotos. Aliando a estes dois vetores aludidos, a criação da IRAR terá contribuído de forma decisiva para um planeamento e gestão financeira dos recursos mais eficiente, sistemática e racional.

Em 2009 é criada a Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) que vem substituir o IRAR, incrementando as competências do regulador.

Armando Lencastre em 1990, abordar a problemática do saneamento básico em Portugal, «não é mais afirmar, embora para escândalo de alguns, que os problemas financeiros nunca são os principais, que, quando os meios financeiros faltam, sobretudo num sector de base como é o saneamento básico, é porque já falharam anteriormente muitos outros condicionamentos, falhas resultantes de incapacidades institucionais, que se alimentam de incapacidades humanas e políticas, e reciprocamente, um autêntico círculo vicioso (Pato, 2011).

Atualmente, os focos principais do setor encontram-se nos binómios estado central/poder local, setor privado/público, e ainda no problema de fixação e cobrança de tarifas, assim como na tentativa de alcançar os objetivos do Plano Estratégico de Água e Saneamento de Água Residuais II (PEAASAR II 2007-2013). Já os desafios inerentes são o ciclo urbano da água, a interface dos serviços de águas, a governação e gestão dos serviços de água e a articulação política com a técnico-científica.

2.5 ENQUADRAMENTO ATUAL DO SISTEMA

A atividade de saneamento de águas residuais urbanas compreende recolha, transporte e tratamento das águas residuais de origem urbana, bem como, a sua descarga no meio hídrico. Esta atividade é fundamental para garantir a salvaguarda da qualidade das massas de água, sendo determinante no condicionamento dos outros usos do domínio hídrico, designadamente, a captação de água para consumo humano (Rodrigues, 2013).

O setor das águas caracteriza-se como capital-intensivo com elevados períodos de retorno do investimento. Tal deve-se, por um lado, aos longos períodos de vida útil das infraestruturas e, por outro, ao facto de que, para reduzir os períodos de retorno dos investimentos realizados, seria necessário aumentar as receitas anuais, com impactos significativos nas tarifas a praticar aos utilizadores finais (Galvão, 2009).

Os sistemas de drenagem têm classificações diferentes conforme a natureza da qualidade das águas residuais que transportam: pluvial, residual doméstica/industrial ou mista. De acordo com o primeiro ponto do artigo 116.º do Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de agosto de 1995, os sistemas de drenagem pública de águas residuais podem ser separativos, unitários, mistos ou separativos parciais (ou pseudo-separativos) (Rodrigues, 2013).

“Unitário”, refere-se a casos em que a rede de coletores é individual, sendo admitidas e transportadas conjuntamente as águas residuais e águas pluviais. No entanto, se existirem dois sistemas de

drenagem distintos e diferenciados para separar os dois tipos de águas a drenar, denomina-se por “separativo”.

Já os “mistos” são a combinação dos dois tipos anteriormente mencionados, em que parte da rede de coletores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo. Ainda existem os sistemas “separativos parciais” ou “pseudo-separativos”, em que se sucede, excecionalmente, a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao coletor de águas residuais domésticas.

As redes edificadas nos últimos 30 anos, em Portugal, foram na sua esmagadora maioria, separativas, contudo, anteriormente costumavam ser do tipo unitário. É ilusório admitir redes de drenagem separativas, devido à impossibilidade de controlar e extinguir todo o tipo de falhas e erros. Logo, mesmo quando se analisam redes separativas, tratam-se como se fossem pseudo-separativas.

Quadro 2.1 Definição de diferentes tipos de sistemas

| Tipo de sistema | Condições de Escoamento | Principais Objetivos |
|-------------------------------|--------------------------------|--|
| Separativos Domésticos | Superfície Livre | São o tipo de sistema mais usual no transporte de águas residuais, comerciais e industriais. |
| | Sob Pressão | As condutas sob pressão (por bombagem) são usadas quando é técnica e economicamente inviável, ou quando o recurso a soluções gravíticas de escoamento em superfície livre é desfavorável. |
| | Sob Vácuo | Este tipo de sistema é pouco frequente, sendo o transporte bifásico (ar e água) resultado da criação de condições subpressão nas condutas. |
| Unitários | Superfície Livre | A totalidade das águas residuais, incluindo águas pluviais, é transportada pelo sistema. |
| Pseudo-separativos | Superfície Livre | Neste caso, e excecionalmente, admite-se a ligação de águas pluviais aos coletores domésticos devido ao facto dessas águas não apresentarem condições de afluência gravítica aos respetivos coletores pluviais públicos. |

Das diferentes condições de escoamento, resultam na caracterização dos sistemas em convencional, não convencional e unitários. Os casos de utilização de sistemas não convencionais, em grande escala, são raros, e os unitários estão em desuso. Porém, é conveniente atender as principais vantagens e inconvenientes dos sistemas separativos convencionais, não convencionais e unitários.

Quadro 2.2 Vantagens e desvantagens de diferentes tipos de sistemas

| Tipo de Sistema | Vantagens | Desvantagens |
|--|---|--|
| Sistemas convencionais, separativos domésticos e pluviais | O facto de se transportarem efluentes de natureza distinta, por diferentes coletores, permite que sejam sujeitos a diferentes condições de tratamento e destino final. | Custos elevados de primeiro investimento, associados à necessidade de dispor de dois tipos de tubagens ou coletores. Necessidade de construção cuidadosa, em termos das ligações dos ramais prediais. |
| Sistemas convencionais unitários | Economia de primeiro investimento, decorrente da construção de um único tipo de coletor, que transporta a totalidade da água de meio urbano. Simplicidade de projeto, no que respeita a ligação de ramais e coletores | Descarga de excedentes poluídos em tempo de chuva, com eventuais impactos negativos no ambiente. Acréscimo dos encargos de energia e de exploração em instalações elevatórias e de tratamento, devido ao excedente de contribuição pluvial em tempo de chuva. |
| Sistemas não convencionais: de coletor gravítico de pequeno diâmetro ou sob vácuo | Podem conduzir, nomeadamente em zonas planas ou com elevados níveis freáticos, a economias significativas de primeiro investimento. No caso dos sistemas sob vácuo, verifica-se a redução do risco da ocorrência de condições de septicidade e controlo de infiltração | Acréscimo dos encargos de exploração e conservação, em relação ao sistema gravítico convencional No caso do sistema sob vácuo, requerer-se um grau elevado de conhecimento e de especialização, na sua exploração |

Qualquer que seja o tipo de sistema, este tem que dispor de um conjunto de componentes. Podendo-se dissociar em três grandes grupos: rede coletora, elevatórias e órgãos acessórios. Sendo esta uma matéria vasta e minuciosa, apresentam-se resumidamente os principais componentes de sistemas de águas residuais e respetiva finalidade:

Quadro 2.3 Componentes do sistema e sua finalidade

| Componente | Tipo | Finalidade |
|---------------------------------------|---------------------------|--|
| Redes interiores dos edifícios | Comum | Transporte de águas pluviais e de águas residuais para o exterior da edificação. |
| Ramais de ligação | Comum | Promover a ligação ou descarga de águas residuais (domésticas, comerciais, industriais e pluviais) para a rede de drenagem. |
| Rede de drenagem | Comum | Destina-se à recolha das águas residuais do aglomerado ou conjunto de aglomerados – apresenta serviço de percurso. |
| Emissários e interceptores | Comum | Destina-se ao transporte das águas residuais recolhidas pelas redes de drenagem, para o local de tratamento ou de destino final. |
| Sistemas elevatórios | Complementar | Destina-se ao transporte das águas residuais em situação em que a drenagem gravítica não é considerada tecnicamente e economicamente a solução adequada. |
| Descarregadores | Complementar | Órgãos dos sistemas, em regra ligados a coletores de recurso e que entram em operação, por exemplo, para fazer face à ocorrência de avarias ou necessidade de colocar fora de serviço componentes que se dispõem a jusante, ou para fazer face à afluência excessiva de águas residuais. |
| Sifões invertidos | Complementar | Órgãos que incluem um ou mais trechos com escoamento sob pressão gravítica, a que se recorre quando o escoamento em superfície livre não é tecnicamente e economicamente exequível. |
| Bacias de retenção | Complementar | Órgãos por vezes usados em sistemas pluviais, e mais raramente em sistemas unitários, e que se destinam principalmente, e em regra, a reduzirem os caudais de ponta de cheia à custa de efeitos de retenção e amortecimento. |
| Túneis | Complementar e excecional | Por vezes, quando as condições topográficas e geológicas o justificarem, economicamente, pode recorrer-se à construção de coletores em túnel (sem recurso à abertura de valas a céu aberto). |

Outra distinção que deve ser feita entre os sistemas de drenagem, respeita à agregação dos municípios na sua gestão, podendo-se segregar entre (Galvão, 2009; Marques, 2010):

- Sistemas municipais de responsabilidade de um só município;
- Sistemas intermunicipais, com mais do que um município, gerido por uma associação de municípios;
- Sistemas multimunicipais, que abrangem mais do que um município, contudo são objetos de gestão e exploração do governo.

Os serviços de saneamento de águas residuais possuem diferentes níveis organizacionais de gestão, sendo que, o funcionamento dos mesmos difere consoante a tipologia da entidade. É responsabilidade da entidade gestora definir a modalidade mais conveniente e eficaz, destacando-se as mais comuns (DL 194/2009):

- Prestação direta do serviço;
- Delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado;
- Delegação do serviço em empresa do sector empresarial local;
- Concessão do serviço.

Os dois grandes patamares de sistemas de drenagem de águas residuais são, um grossista, denominado de “alta” e outro retalhista, intitulado de “baixa”. Esta divisão, embora tenha acarretado vantagens em termos de economias de escala, implicou a perda de economias de processo. O sistema em “baixa” é o conjunto de infraestruturas e instalações (coletores, emissários, estações elevatórias, acessórios e equipamentos complementares) que permitem a recolha e a drenagem das águas residuais desde os ramais domiciliários até aos pontos de recolha do sistema em “alta”. O sistema em “alta” é o conjunto de infraestruturas contendo componentes destinadas à interceção, tratamento e descarga em destino final de águas residuais provenientes do sistema em “baixa”.

Numa configuração clara e sucinta, apresentam-se os seguintes quadros, que conglomeram todas as combinações possíveis na gestão dos sistemas de drenagem urbanos.

Quadro 2.4 Estruturação do sistema em “alta”

| Sistema em “Alta” | | |
|----------------------|--|---|
| <u>Modelo</u> | <u>Entidade Gestora</u> | <u>Tipo de colaboração</u> |
| Gestão Direta | Estado | Não aplicável |
| Delegação | Empresa Pública | Não aplicável |
| Concessão | Entidade concessionária multimunicipal | Participação maioritária do estado e dos municípios |

Quadro 2.5 Estruturação do sistema em “baixa”

| Sistema em “Baixa” | | |
|----------------------|--|---|
| <u>Modelo</u> | <u>Entidade Gestora</u> | <u>Tipo de colaboração</u> |
| Gestão Direta | Serviços municipais | Não aplicável |
| | Serviços municipalizados | Não aplicável |
| | Serviços inter-municipalizados | Criação de pessoa coletiva integrada pelos vários municípios |
| Delegação | Empresa constituída em parceria com o Estado | Capital social do Estado e município (s) |
| | Empresa municipal | Entidade empresarial municipal, com possível participação de capital privado (minoritário) e sem participação do Estado |
| | Junta de freguesia | Acordos e protocolos de delegação com o município |
| Concessão | Entidade concessionária municipal | Parceria público-privada |

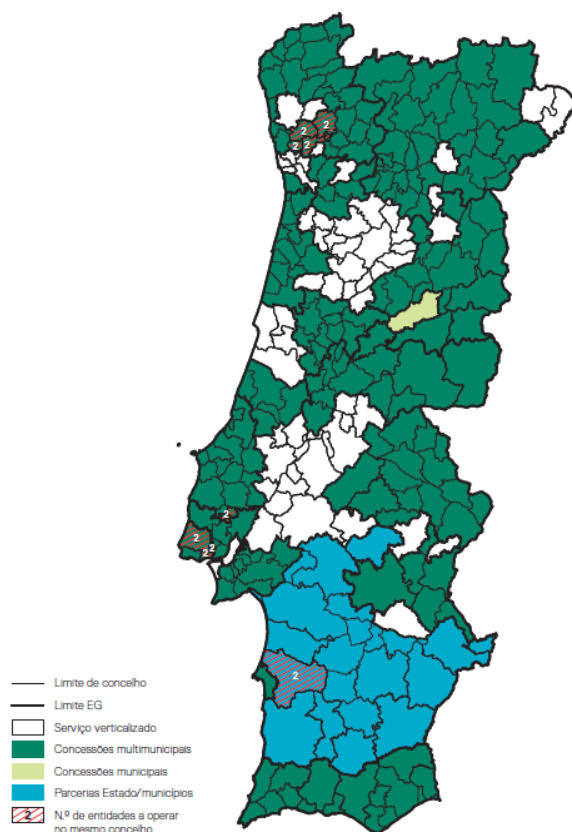


Figura 2.1 Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de saneamento de águas residuais em alta, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013

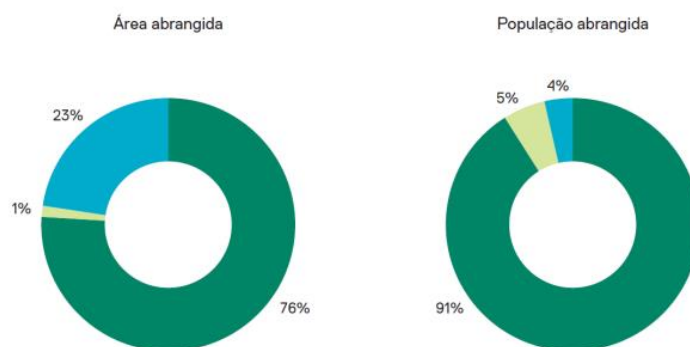


Figura 2.2 Indicadores gerais do setor de saneamento de águas residuais em alta, por submodelo de gestão, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013

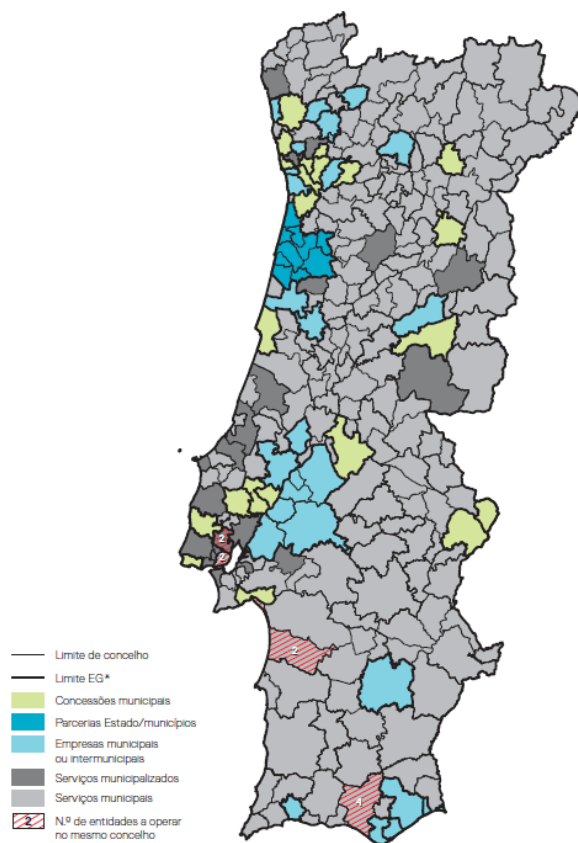


Figura 2.3 Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de saneamento de águas residuais em “baixa”, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013

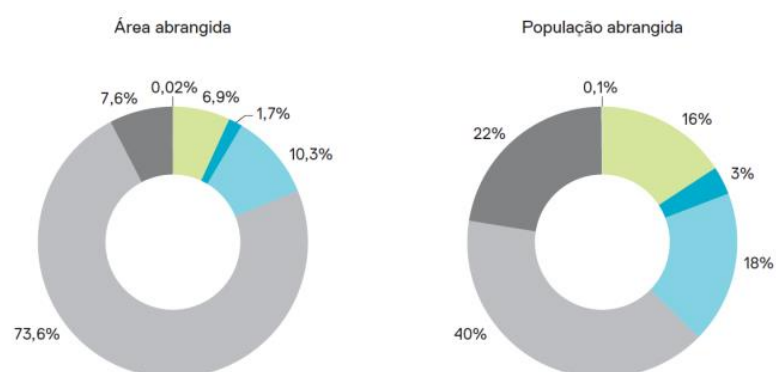


Figura 2.4 Indicadores gerais do setor de saneamento de águas residuais em baixa, por submodelo de gestão, (RASARP 2012) adaptado de ERSAR 2013.

O tipo de gestão do sistema de drenagem de águas residuais, atualmente empregue em Portugal, tem várias vantagens a nível de escala. A discrepância, entre os sistemas em “alta” e em “baixa”, conduzem a problemas operacionais de processo e financeiros, que dificultam a situação, principalmente dos sistemas em “baixa”. O sistema em “alta” caracteriza-se por ser gerido pelo grupo Águas de Portugal em concessões multimunicipais, existindo 19 entidades gestoras no país. Em 2011, este subsistema obteve rendimentos totais de 284 M€ e gastos totais de 272 M€. Sendo a (s) entidade (s) gestora (s) em “baixa” o seu financiador (ERSAR, 2013).

No lado oposto, encontram-se os sistemas em “baixa” com 265 entidades gestoras a operar em Portugal, na sua maioria da incumbência das autarquias, quer por serviços municipalizados, quer por empresas municipais. O seu balanço financeiro é negativo, porque em 2011 teve gastos de 440M€ contra rendimentos de 389 M€ e o seu financiador são os utilizadores do serviço, através da tarifa de saneamento anexada à mensalidade da conta água (ERSAR, 2013).

Este setor de atividade caracteriza-se por ser um monopólio natural, pois não existe um mercado concorrencial. Esta situação conduz à especulação entre o serviço público e interesse privado. Porém, a regulação do setor, designadamente a económica, surge como forma de circunscrever a perda de bem-estar social. Todavia, as disparidades de preços cobrados pelas entidades gestoras são enormes, tratando-se mais de um problema político e menos social ou técnico.

Desta forma, a competitividade ocorre apenas no momento do acesso à concessão, caso várias empresas ou agrupamentos de empresas concorram entre si, para obterem a concessão dos serviços numa determinada região, geralmente de um ou mais concelhos, durante um determinado período de tempo.

2.5.1 PLANO ESTRATÉGICO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O PEAASAR, ou “Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais”, surge na década de 90 como um plano estratégico para estudar a implementação de soluções, num âmbito plurimunicipal, não desprezando os primários objetivos traçados na bacia hidrográfica e, abrangendo o abastecimento e saneamento das águas (Marques, 2010).

Apesar da extensa incidência nos sistemas em “alta”, durante o período de aplicação do PEAASAR I várias lacunas e questões surgiram, sendo por isso, necessário reformular a proposta inicial. Reconheceram-se ainda fragilidades nos serviços em “baixa”, tendo sido recolhidas propostas de várias medidas de gestão e de organização, numa ótica de racionalização das entidades gestoras e dos consumidores que usufruem dos serviços prestados (Marques, 2010).

O balanço do PEAASAR I (2000-2006) comprovou que, apesar dos progressos obtidos, existiam questões essenciais por resolver, e que, o simples prolongar no tempo dos objetivos do PEAASAR I não resolveria, sendo necessário reformular o plano. Realizou-se assim uma nova reflexão sobre o setor, cujas orientações resultantes são materializadas no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 (PEAASAR II), que coincide com o período de implementação do Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN) que, por sua vez, enquadra a aplicação da política comunitária de coesão económica e social em Portugal no período de 2007-2013.

Ao invés da primeira versão do PEAASAR, cuja linha de orientação se centrou no desenvolvimento dos sistemas integrados em alta, o PEAASAR II concentra-se fortemente, nas várias situações por resolver nos sistemas em “baixa”, estando previsto um enfoque especial nos investimentos que visem a articulação e interligação dos sistemas em “alta”, com a vertente em “baixa”.

Este novo plano estabeleceu objetivos a atingir até 2013, podendo ser resumido nos três pressupostos genéricos apresentados (ERSAR, 2013):

- Universalidade, continuidade e qualidade do serviço;
- Sustentabilidade do sector, através da melhoria da produtividade e eficiência;
- A proteção de valores de saúde pública e ambiental.

O PEAASAR II tem como objetivos servir 95% da população com sistemas de abastecimento de água e 90% com sistemas de saneamento de águas residuais tendo um orçamento de 4000 M€, para as vertentes “altas” e “baixas” de saneamento básico. Os sistemas em “baixa” detêm a cota mais significativa, consumindo aproximadamente 2000 M€ do investimento total previsto. Por sua vez, os sistemas em “alta” assumem uma soma de aproximadamente 1500M€, sendo o restante para a resolução de problemas de saneamento de setores específicos (Marques, 2010).

O plano propõe parcerias entre o Estado e as autarquias, tendo em vista a integração dos sistemas em “baixa” municipais em sistemas multimunicipais existentes, ou a formação de novos. Assim como, a regulamentação da gestão dos sistemas municipais e a criação de uma legislação que regule as concessões em “baixa”.

No nível de atendimento à população de sistemas de drenagem de águas residuais urbanas, verificou-se um crescimento constante entre 1994 e 2002, observando-se um grande acréscimo de 9% referente aos quatro anos seguintes e, a partir de 2007 uma estabilização desta variável nos 80%. Já no tratamento de águas, denotam-se três períodos distintos: um crescimento exponencial entre 1994 e 2006; uma estabilização entre 2006 e 2009; e uma nova retoma crescente, mas menos acentuada, desde então.

Contudo, no horizonte final do PEAASAR II, e analisando a propensão dos valores, pode-se afirmar que não será atingido o objetivo dos 90% propostos inicialmente no plano. Não existem valores atualizados para fundamentar melhor este pressuposto, mas o défice de 10% e os níveis de investimento necessário para superar este atraso, advinham o insucesso em atingir o objetivo pretendido inicialmente.

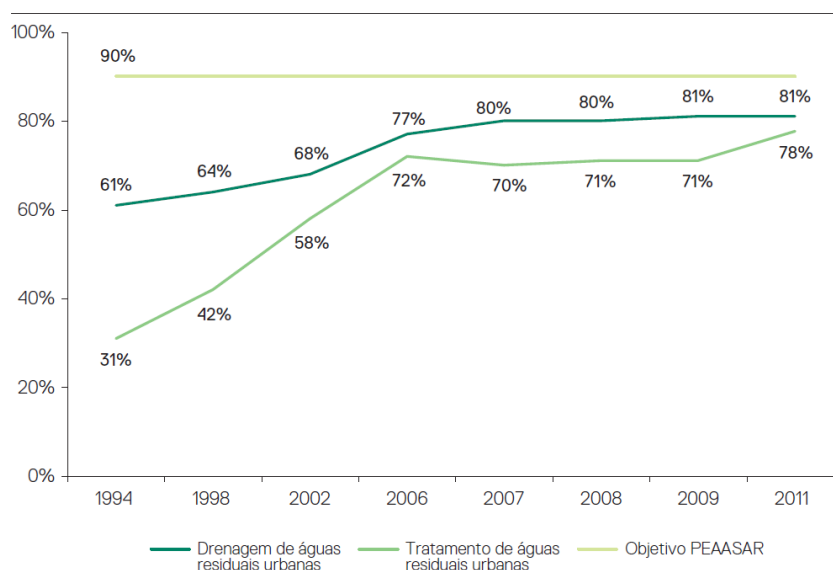


Figura 2.5 Evolução do nível de cobertura do serviço de saneamento de águas residuais em Portugal (1994-2011) (Fonte: INAG – Inventários Nacionais de Saneamento Básico, PNA, INSAAR 2010 – campanha 2009, e ERSAR, 2013)

2.5.2 ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL

O Decreto-Lei 58/2005, de 29 de Dezembro, criado pelo Decreto-Lei nº 191/93, de 24 de Maio tutelado pelo Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento, ou Lei da Água, reconhece o Instituto Nacional da Água (INAG) como a autoridade nacional da água, responsável pela gestão e preservação dos recursos hídricos nacionais (Marques, 2010).

A avaliação dos serviços prestados pelas entidades gestoras do setor de saneamento e abastecimento de água é um encargo para, e da ERSAR, que supervisiona o serviço prestado pelas empresas, promovendo a sua monitorização e acompanhamento de execução.

A sua importância deve-se ao facto de permitir, ao estado, intervir no setor económico, no sentido de defender o interesse público, obrigando à disponibilização de toda a informação referente aos serviços prestados e garantindo o esclarecimento do utente.

2.5.3 ENQUADRAMENTO LEGAL – LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Dos diplomas legais vigentes em Portugal, relativos às infraestruturas sanitárias, destacam-se (Coelho, 2013):

- **Decreto-Lei nº 207/94, de 6 de Agosto**, relativo aos sistemas de distribuição e drenagem pública e predial;
- **Decreto-Lei nº 294/94, de 16 de Novembro**, relativo ao regime jurídico de concessão de gestão e exploração dos sistemas multimunicipais de tratamento de resíduos sólidos urbanos;
- **Decreto-Lei nº 23/95, de 23 de Agosto**, relativo aos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais;
- **Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho**, relativo à recolha, tratamento e descarga de águas residuais no meio aquático;
- **Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto**, relativo a normas, critérios e objetivos de qualidade das descargas para proteção dos meios aquáticos;
- **Decreto-Lei nº 348/98, de 9 de Novembro**, apenas uma atualização do Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho;
- **Decreto-Lei nº 56/99, de 26 de Fevereiro**; relativo à qualidade de descarga e concentração de substâncias perigosas;
- **Decreto-Lei nº 194/09, de 20 de Agosto**; estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos;
- **Decreto-Lei nº 195/09, de 20 de Agosto**; altera o regime jurídico dos serviços de âmbito multimunicipal de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos.

2.6 COMPONENTES DAS ÁGUAS RESIDUAIS

O caudal drenado pelo sistema de drenagem de águas residuais é a soma de distintas fontes. Estas surgem em função do tipo de sistema usado, e o seu valor altera-se conforme as condições geológicas e geográficas locais, assim como da época do ano. Sucintamente é correto decompor este caudal em quatro componentes desiguais (Rodrigues, 2013).

- Águas residuais domésticas, provenientes das habitações, zonas comerciais e edifícios públicos;
- Águas residuais industriais, onde predominam os efluentes industriais;
- Águas pluviais resultantes do escoamento superficial originado pela precipitação;
- Afluências indevidas, relativas à água do subsolo.

Os últimos dois pontos são fontes de problemas para o sistema. Do ponto de vista irrepreensível, numa rede de drenagem de águas residuais separativa só seriam admissíveis águas residuais de origem doméstica, comercial e industrial. Contudo, também têm de se ocupar das águas pluviais e das afluências indevidas.

Caso não se verificassem problemas, nem falhas no sistema de drenagem, este não seria um assunto de estudo. Muitos se debruçaram sobre esta matéria e verificaram os problemas inerentes, sendo os problemas mais recorrentes nos sistemas de drenagem urbana (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005; Cardoso *et al.*, 2006; Greater Dublin Drainage, 2005):

- Infiltrações: afluência de água indevida à rede de coletores;
- Exfiltrações: extravasamento de água sanitária para o exterior;
- Sedimentação: deposição de material sólido nos coletores;
- Roturas nas tubagens e caixas de visita;
- Descargas de emergência: descarrega de águas residuais no meio hídrico;
- Seticidade: deterioração das condutas;
- Intrusões de raízes: entupindo ou fissurando os coletores;
- Novo *design* do sistema: problemas na coexistência de redes de diferentes épocas;
- Ligações cruzadas: ligações indevidas da rede pluvial pública ou privada à rede de águas residuais.

3

AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A infiltração em sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, é uma matéria da engenharia hidráulica ainda pouco explorada e pobremente detalhada. Requer um conhecimento, *à priori*, de noções em hidráulica, geotecnia, planeamento urbano, entre outras ciências intervenientes neste âmbito. Nesta secção do trabalho, pretende-se esmiuçar o fenómeno das afluências indevidas em redes de drenagem urbana, desde as suas origens, causas, impactos e legislação vigente, bem como, métodos analíticos com o propósito de quantificar e avaliar os seus efeitos lesivos. Tal como, possíveis soluções com vista a minimizar-se o impacto negativo das infiltrações.

Atualmente, os sistemas de drenagem urbana constituem um património urbano muito significativo, principalmente nas cidades que já detêm implantação de rede em toda a sua extensão. Contudo, a gestão sustentável a longo prazo das águas urbanas, acarretam muitos problemas, muitos deles críticos. A vertente económica é a que suscita maior alarmismo por parte das entidades gestoras, não desprezando, evidentemente, a questão ambiental. Na Europa, este assunto já foi elencado, existindo mesmo uma norma Europeia, a EN 752-2 (CEN,1996), que se debruça sobre esta matéria. Nesta, são indicados critérios básicos de desempenho, sendo especialmente pertinentes os seguintes (Cardoso *et al.*, 2006):

- Os meios hídricos recetores devem ser protegidos da poluição;
- A integridade estrutural dos sistemas de drenagem urbana, incluindo a estanquidade, deve ser garantida.

Este último ponto foca, essencialmente, a matéria de afluências indevidas ou águas parasitas.

Não só na Europa esta questão já foi elencada, como também a EPA (*Environmental Protection Agency*, EUA) já a catalogou: “Infiltração é a água indevida que entra na rede de saneamento, via subsolo. Tal, geralmente ocorre, através de juntas de coletores, caixas de visita e ligações laterais, em função do nível freático, em relação ao coletor. A infiltração pode também resultar de águas pluviais e/ou neve derretida, caso se infiltre no solo e alcance diretamente à rede. Assim, um evento de precipitação pode desencadear *inflow* (normalmente uma resposta mais rápida para o sistema) ou *infiltration* sob a forma de águas subterrâneas” (Landesregierung & Industriewasserwirtschaft, 2005).

A primeira referência científica sobre esta problemática data de 1972, nos Estados Unidos da América (EUA). No documento *Federal Water Pollution Control Act Amendments (The National Archives of the United States, 1973)*, define-se, e identifica-se, o tema da infiltração em sistemas de drenagem, com vista à possível subsidiação de ETAR's por parte do governo federal. Isto porque, as entidades gestoras tinham de demonstrar que os seus sistemas não estavam sujeitos a grandes volumes de afluições indevidas, para assim, poderem aspirar ao acesso a fundos federais (Metcalf *et al.*, 2004).

Genericamente, o conceito de infiltração é a água que se infiltra na rede de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, entrando na rede de forma ilícita. Existem várias designações para este desfecho, desde águas parasitas, águas infiltradas, caudais de infiltração, águas ou afluições indevidas. Contudo, a denominação mais adequada a dar é “afluições indevidas”.

3.2 AFLUIÊNCIAS INDEVIDAS

O seu carácter multidimensional torna esta matéria complexa, na medida que, não só interferem ao nível técnico, mas também, na gestão e sustentabilidade da rede. Aliado ao mencionado, há que agregar a preponderância das condicionantes topográficas e geológicas locais, e a discrepância dos volumes afluentes, assim como, o seu desfazamento temporal (Coelho, 2013).

Para as entidades gestoras de águas residuais, a sua principal prioridade, tem sido a expansão dos sistemas de drenagem, pretendendo com isso, aumentar o nível de atendimento às populações. O combate às afluições indevidas tem-se restringido às novas expansões de rede. Aspirando, que sejam concebidas e executadas de forma a garantirem, à partida, a minimização do risco de presença de afluições indevidas, significativas. Mesmo assim, na prática, os valores dos caudais de infiltração excedem significativamente os valores de projeto, sendo frequentemente subestimados.

Não é possível determinar com exatidão o volume de água infiltrada, devido à sua ambiguidade espacial e temporal, uma vez que, tanto se pode registar um incremento rápido e abundante, como lento e diminuto, dependendo da sua procedência e origem (Cardoso, 2002).

Existem duas proveniências mestras dos caudais de infiltração, as águas pluviais e as águas subterrâneas. Porém, na realidade, os tipos de afluições são bem mais emaranhados e confusos, do que simplesmente, estas proveniências mestras.

No conceito de afluições indevidas, podem ainda ser incluídas as descargas não licenciadas, estas, também levam à entrada indevida de água no sistema de drenagem. Por serem situações pontuais, muitas vezes desconhecidas (ou com origens desconhecidas) e impossíveis de prever, não se distingue esta parcela na análise da infiltração realizada neste trabalho.

Os registos obtidos sobre a eficácia e eficiência de medidas, visando a redução de afluições indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais, são escassos, e difíceis de generalizar. O principal obstáculo é a especificidade de cada sistema, que o torna único e incomparável. Só a experiência na implementação deste tipo de medidas, com a avaliação dos resultados obtidos, poderá fornecer informação pertinente, para se reverter os pressupostos anteriormente mencionados.

É importante salientar que em Portugal, ainda é muito escassa a informação sobre a eficácia e eficiência das medidas de redução de afluições indevidas, nos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas.

A infiltração é particularmente prejudicial ao bom funcionamento das ETAR's. A sobrecarga hidráulica devido ao volume de água infiltrada, e a diluição da concentração de poluentes, provocando uma

redução na eficiência de remoção dos poluentes, são os principais efeitos negativos, registados nas estações de tratamento de águas residuais (Cardoso *et al.*, 2006).

Igualmente prejudicial é o ciclo vicioso do aumento de caudal de afluições indevidas e a sua consequente deterioração da infraestrutura, levando a um novo incremento de volumes inconvenientes. No entanto, na prática, os valores dos caudais de infiltração podem exceder, significativamente, os valores de projeto, sendo frequentemente subestimados, além de serem um bom indicador do estado estrutural dos sistemas. De facto, a qualidade estrutural dos sistemas, é condição chave na garantia do transporte das águas residuais de forma estanque, tendo assim, um importante papel no bom desempenho operacional do sistema. O problema da infiltração tende a agravar-se com a maturação dos sistemas, podendo tornar-se crítico a médio ou longo prazo, acarretando importantes consequências no seu desempenho, quer a nível técnico, quer a nível económico (Cardoso, 2002).

A longo prazo, o balanço de afluições indevidas mostra que, a infiltração de água subterrânea é o principal contribuinte do volume total. Por sua vez, o afluxo de água pluvial é o principal originador dos eventos de sobrecarga na rede (Karpf & Hoeft, 2005).

Apesar de todos os esforços que se têm vindo a desenvolver, a determinação dos caudais infiltrados, ainda não possui um carácter exato, porque se trata de um problema bastante específico, de cada região e, especificamente, de cada rede. Esta inconstância obriga a que sejam elaborados estudos específicos, para os locais pretendidos, e elaboradas estratégias segundo metodologias genéricas, capazes de acelerar o processo de decisão, mas que, não constituem uma receita para qualquer eventualidade que surja futuramente (Coelho, 2013).

Neste sentido, o estudo da avaliação e quantificação do volume de águas parasitas às infraestruturas de drenagem, assume uma relevância que, não só ultrapassa o presente do sistema, como permite, igualmente, prevenir e assegurar um futuro mais eficiente pela aprendizagem adquirida previamente (Dias, 2003).

3.3 TIPOS DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

O conceito de afluições indevidas, ou águas parasitas, não é claro, devido ao fato de ter inúmeras proveniências e diferentes origens, não subsistindo uma descrição consensual sobre este conceito (Rodrigues, 2013).

Quadro 3.1 Definição dos diferentes tipos de afluência indevida (Rodrigues, 2013)

| Tipo de afluência indevida | Origem | Definição |
|---------------------------------------|--------------------|--|
| Infiltração de percurso | Águas subterrâneas | Entra nas infraestruturas enterradas do sistema de drenagem através de deficiências estruturais nos coletores (em juntas, fissuras) ou através das paredes das câmaras de visita. |
| Infiltração base | Águas subterrâneas | Entra deliberadamente no sistema de drenagem, proveniente de drenos, da bombagem de caves, de sistemas de arrefecimento ou de descargas de pequenos cursos de água naturais canalizados, e que é independente do estado de conservação do coletor. |
| Afluências pluviais diretas | Águas pluviais | Origem no escoamento de telhados ou em ligações indevidas de ramais pluviais de edificações e de sumidouros. |
| Afluências pluviais totais | Águas pluviais | Soma das afluências anteriores com outras possíveis descargas feitas a montante (descarregadores de tempestade, cruzamento com águas pluviais). |
| Afluências pluviais retardadas | Águas pluviais | Água pluvial que leva diversos dias a percorrer ou a entrar no sistema de drenagem (devido a reservas e empoçamentos na bacia natural, por exemplo). |

Sinteticamente, a infiltração em sistemas de drenagem de águas residuais, depende dos seguintes quatro fatores (Amorim, 2007):

- Pluviosidade
- Existência de ligações erróneas
- Proximidade dos aquíferos
- Estado de conservação da rede

Antes de terminar este subcapítulo, importa fazer uma referência à nomenclatura usada nesta dissertação. O termo, “afluências indevidas”, corresponde à expressão comumente usada na bibliografia anglo-saxónica como *I/I* (*infiltration & inflow*). Na terminologia francesa, as infiltrações designam-se, consoante a sua origem, por águas de captação às pluviais, e por águas de infiltração

às subterrâneas. Em português brasileiro, usam-se os termos infiltração e afluxo, para designar, segundo sejam infiltrações por águas subterrâneas ou por águas pluviais, respetivamente (Rodrigues, 2013).

Na presente dissertação, procurando seguir a linha orientadora, que advém de prévios estudos realizados sobre este assunto na FEUP, distinguem-se afluências indevidas em redes de drenagem urbana separativa, em infiltração direta para *inflow*, afluxo e infiltração indireta para *infiltration*, infiltração.

3.3.1 INFILTRAÇÃO DIRETA

Neste trabalho, define-se infiltração direta como a entrada de águas infiltradas, com origem na ocorrência de precipitação e resultantes do escoamento direto. Este escoamento direto é oriundo da interconexão dos sistemas sanitário com os de águas pluviais, e devido às ligações prediais ilegais, ou mais genericamente, a ligações erróneas.

A orientação assumida neste trabalho, visa exclusivamente as redes separativas, descartando assim, as redes unitárias. Neste sentido, as infiltrações são consideradas indesejáveis, qualquer que seja a sua proveniência ou origem. Contudo, se pronunciássemos sobre redes pseudo-separativas, que na realidade é o que acontece quando se constrói redes separativas, a contribuição pluvial das ligações prediais, não é considerada indevida, embora possa ser encarada como inconveniente. Já no sistema unitário, as infraestruturas têm de ser projetadas para recolher, além das águas residuais, também as águas pluviais.

Fontes de proveniência das infiltrações diretas (Amorim, 2007; Coelho, 2013):

- Ligações erróneas ou trocadas entre ramais de sumidouros de rede pública ou de redes prediais ao sistema separativo doméstico;
- Mistura de caudais pluviais com domésticos na rede predial (parcial ou totalmente);
- Ligações erróneas ou trocadas entre coletores pluviais e coletores domésticos;
- Tampas de câmaras de visita dos coletores domésticos;

Os fatores de que dependem as infiltrações diretas são pouco complexos, porque os caudais entram diretamente na rede. Entre muitos, podem-se restringir aos seguintes (Amorim, 2007):

- Topografia;
- Estado da rede de drenagem – existência de ligações de águas pluviais provenientes da drenagem de telhados, pátios e jardins à rede separativa de águas residuais, vedação e estanquidade das tampas das caixas de visita;
- Capacidade de transporte de caudal da rede de drenagem;

Subsistem duas vertentes de volumes afluídos neste tipo de ocorrência, se por um lado, os volumes constantes devem-se a áreas pantanosas e a nascentes, por outro lado, os volumes inconstantes devem-se à pluviosidade. Este último induz um acréscimo rápido e significativo dos caudais de ponta afluídos à rede, estando dependente da intensidade e duração da respetiva precipitação.

Como seria de prever, este tipo de afluências indevidas ocorre, em regra, mais significativamente, nas redes em “baixa”. Devido ao facto de haver uma maior concentração de câmaras de visita, maior extensão de coletores, e a ocorrência, frequente, de ligações ilegais de ramais pluviais domiciliários e sumidouros à rede separativa doméstica.

A correção de infiltração direta engloba (EPA, 1991):

- Pesquisa dos locais de entrada de infiltração direta. Determinação da sua autenticidade e correspondência com a sua possível causa natural;
- Estabelecer políticas de controlo da infiltração, quando essas ainda não estão em vigor;
- Instituição de políticas e medidas corretivas, apoiadas em procedimentos de fiscalização e de aplicação preventiva.

3.3.2 INFILTRAÇÃO INDIRETA

Neste trabalho, define-se infiltração indireta como a entrada de afluências com origem subterrânea, com base em duas causas primordiais: o nível freático acima da soleira dos coletores e a fraca estanquidade da infraestrutura. Os níveis freáticos dependem dos eventos de precipitação e da variação de marés, no caso de a rede estar perto da costa, ou, da variação da altura dos cursos de água naturais, se o sistema estiver próximo de uma linha de água.

A infiltração ocorre quando as águas subterrâneas se infiltram na tubagem da rede, associado ao nível freático do terreno. O estado de estanquidade, da infraestrutura, é parte integrante deste tipo de infiltração que penetra em fissuras, fendas, juntas, mesmo em estações elevatórias e demais estruturas do sistema (Coelho, 2013).

O caudal de infiltração é função das flutuações do nível freático. A sua magnitude apresenta uma variação tipicamente sazonal, embora possa de forma indireta, ser influenciada por fenómenos de precipitação intensos e prolongados, caracterizando-se por, de uma forma geral, ter uma variação lenta, em que a sua incidência difere, quer espacialmente, quer temporalmente (Vaes *et al.*, 2005).

Contrariamente à infiltração direta, este tipo de afluências indevidas, em regra, ocorre mais significativamente nas redes em “alta”, dado que os coletores encontram-se a cotas mais baixas, frequentemente, em linhas de vale ou linhas de água.

As entradas físicas dos volumes afluentes, às redes de drenagem por infiltração indireta, devem-se a inúmeros fatores, variando de caso para caso. Destacam-se as seguintes (Almeida & Monteiro, 2004; Amorim, 2007; Cardoso, 2002; Coelho, 2013; Karpf & Hoeft, 2005; Kracht *et al.*, 2007):

- Densidade de ramais;
- Fugas existentes noutros sistemas, como pluviais;
- Tipo de tubagem e qualidade de construção;
- Estado físico da rede de saneamento;
- Construção deficiente e manutenção deficitária;
- Movimentos de terra junto às tubagens, provocando o assentamento dos coletores;
- Tipo de solo envolvente;
- Pressão hidrostática sob os elementos da rede;
- Ataques químicos, provocando a corrosão dos coletores;
- Localização do nível freático;
- Maturação da rede;

- Qualidade e manutenção do sistema de drenagem;
- Materiais e estado da rede situada em domínio privado;
- Topografia;
- Proximidade de aquíferos;
- Ligações clandestinas.

Sumarizando todos os fatores possíveis, apresentam-se sucintamente os principais parâmetros incidentes:

- Estado de conservação e idade da rede;
- Posição da rede relativamente ao nível freático;
- Características do solo envolvente e existência de outras fugas;
- Material e assentamento dos coletores.

A correção da infiltração indireta, em sistemas de saneamento existentes, envolve (EPA, 1991):

- Avaliação e interpretação das condições de afluxo das águas residuais permitindo determinar a presença e extensão da infiltração indireta;
- Localização e medição dos caudais excedentários;
- Eliminação das águas parasitas através de vários métodos de reparação e reabilitação da rede;
- Instalação de um programa de manutenção e monitorização contínuo em toda a bacia de drenagem.

3.4 IMPACTO DAS INFILTRAÇÕES NO DESEMPENHO FUNCIONAL DOS SISTEMAS DE DRENAGEM

As influências indevidas são impossíveis de anular completamente, podendo variar consoante a sua quantidade e intensidade, tal como o seu impacto no desempenho funcional dos sistemas de drenagem. Dos inúmeros tipos de domínios possíveis, existem três grandes variantes (Coelho, 2013):

- **Ambiental e Saúde Pública:** correspondem aos impactos que produzem consequências nefastas ao nível do meio ecológico, em que a rede de saneamento se encontra inserida, e, à saúde da população residente da bacia de drenagem;
- **Técnico/ Estrutural:** implicações ao nível da estrutura da própria rede;
- **Sócio- Económico:** impactos sociais e económicos na área de influência da rede sanitária;

3.4.1 IMPACTO AMBIENTAL E SAÚDE PÚBLICA

Este é o impacto mais prejudicial da boa imagem pública da entidade gestora. O excesso de água infiltrada, quando ultrapassa certos valores, leva a que, o escoamento nos coletores transite de superfície livre para sob pressão. Consequentemente aumenta o desgaste do material e equipamento da rede, mas, também leva à exfiltração. A perda de água residual para o exterior é lesiva à saúde pública e aos ecossistemas envolventes. O mau cheiro, e o aparecimento de esgoto à superfície, são aspetos péssimos nas áreas urbanas. Também a contaminação dos solos envolventes e cursos de

água adjacentes aos coletores, origina problemas ecológicos, não descorando, a possível transição de exfiltração de águas residuais, para infiltração no sistema de abastecimento de água, com a subsequente contaminação dessa rede (Almeida & Monteiro, 2004; Cardoso, 2002).

O aumento de volume efluente leva ao incremento do tempo de depósito de água imprópria, em estações elevatórias e em estações de tratamento de águas residuais. Ainda há a mencionar, o aumento do número de descargas de água não tratada, porque as infraestruturas ao não terem capacidade de receber tal volume, obriga ao despejo, muitas vezes diretamente por *bypass*, de águas impróprias no meio recetor, causando assim uma maior concentração de poluentes na zona de despejo (Cardoso *et al.*, 2006; De Bénédittis and Bertrand-Krajewski, 2004).

3.4.2 IMPACTO TÉCNICO/ESTRUTURAL

A vida útil da rede de coletores é função, sobretudo, da qualidade do material empregado e dos cuidados tidos na fase de construção, mas, também da sua exploração e manutenção. Se por um lado, nas fases de projeto e construção existe a cautela de minimização de falhas, através da escolha do material e da fiscalização em obra, por outro, durante a fase de exploração da rede, não há atenção para a mitigação dos problemas. Só existindo manutenção, em casos extremos de roturas ou anomalias graves no funcionamento da rede. Esta negligência, tanto é da responsabilidade da entidade gestora, como dos operadores. A relutância da entidade gestora em acrescidos encargos financeiros na formação adequada dos seus operadores, leva a que estes, por falta de formação, não prestem a correta manutenção exigida da rede (Cardoso, 2002).

O outro fator é o ciclo vicioso, no qual, a infiltração provoca na deterioração dos materiais e equipamentos do sistema.

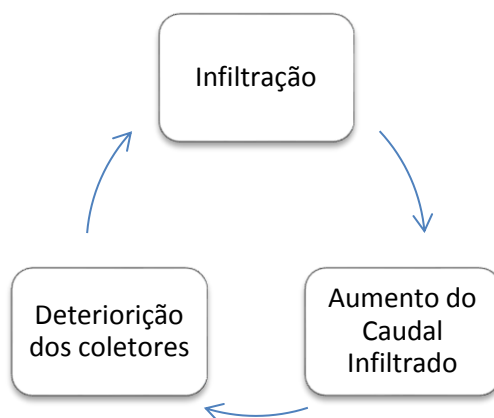


Figura 3.1 Ciclo Vicioso dos Sistemas de Águas Residuais

O incremento de caudal provoca, naturalmente, um maior desgaste nos equipamentos, porque a sua vida útil é função das horas funcionamento. Consequentemente, os caudais indevidos são diretamente prejudiciais ao desgaste dos equipamentos, como são exemplo as bombas.

3.4.3 IMPACTO SOCIOECONÓMICO

A iniciativa da mitigação dos caudais de infiltração é competência, exclusiva, das entidades gestoras dessas redes de drenagem. Procurando assim, alcançar um bom desempenho estrutural e financeiro.

Sendo a maioria das entidades gestoras do domínio público, ou estatal ou municipal, quando se regista um balanço financeiro na gestão desses sistemas, negativo, essa dívida é anexada aos contribuintes. Aliás, mesmo nas concessões privadas, o risco na gestão destes sistemas é atribuída a quem concessiona e não ao concessionário, por isso, são os cidadãos que futuramente pagarão a fatura de um eventual balanço negativo (Galvão, 2009).

Depois de localizada e estudada, a anomalia causadora dos caudais indevidos, obriga a medidas, alvejando a sua reparação imediata, para precaver futuros danos de maior dimensão. Porém, as consequências de uma intervenção de reparação de coletores são gravosas. Além de lento e oneroso, este processo provoca perturbações no trânsito e sequentes desvios, ruído, poeiras, entre outros fatores que provocam o aborrecimento e o protesto dos habitantes locais (Cardoso, 2002).

3.5 QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

O conhecimento das causas deste problema, não dita automaticamente, se é ou não é um tema pertinente para a gestão dos sistemas de drenagem de águas residuais. São precisas metodologias para atribuir números a este tipo de anomalia do sistema, para se poder perceber a sua real dimensão, quer seja em m³ ou em euros. A quantificação das águas parasitas é um trabalho árduo, porque se trata de escoamento em superfície livre e, na maioria do tempo, de reduzido caudal. Logicamente, este aspeto inibiu o bom cadastro de tal variável. Tal, resultou que os registos se tornassem de fraca qualidade e de insuficiente quantidade, para a perceção da problemática das afluências indevidas. Esta carência de censos embargou o possível vínculo causa-efeito.

No estudo da quantificação dos volumes de águas parasitas, há que separar, o antes e o depois, da entrada em operacionalidade do sistema. Se numa primeira fase tem que se prever o caudal de infiltração à rede, no outro, há que medir a componente de caudal de infiltração, do total de caudal drenado (Coelho, 2013).

- Fase de projeto: aquando do cálculo dos caudais de dimensionamento;
- Fase de exploração: desempenho do sistema em termos técnicos e económicos.

3.5.1 CÁLCULO DO CAUDAL INFILTRADO EM FASE DE PROJETO

Em Portugal, na determinação do caudal de projeto, da rede a edificar, é obrigatório incluir os volumes indevidos de águas parasitas.

$$Q_{proj} = k \times Pop \times Cap + Q_{inds} + AI \quad 3.1$$

Sendo,

Q_{proj} – Caudal de projeto

k – Coeficiente de minoração (0,80 ou 0,90)

Pop – População

Cap – Capitação

Q_{inds} – Caudal industrial

AI – Afluências Indevidas

A determinação da população é função dos censos, utilizando regressões estatísticas para estimar os habitantes a servir pela rede, naquela bacia de drenagem, para o ano horizonte de projeto. A capitação é um valor regulamentar, tabelado em decreto de lei, contudo pode ser ajustado consoante

as premissas do projeto. O caudal industrial é função da industrialização da área e da tipologia de indústria existente.

Não subsiste uma forma simples e direta para se apurar as afluências indesejadas. Caso hajam dados locais, sobre os caudais de afluências indevidas, é só extrapolar, mas, invulgarmente isso se sucede. Em Portugal, existe uma fonte onde os projetistas se podem apoiar no cálculo das infiltrações, em fase de projeto, no caso de inexistência de dados: o Decreto-Lei 23/95, de 23 de Agosto. Mais comumente designado por, Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, define valores regulamentares de infiltrações, de acordo com a extensão da rede a montante. Esta solução, em estimar o caudal infiltrado, é débil, tratando-se meramente de uma formalidade. Isto porque, não tem em conta o simples facto da natureza topográfica e geológica da zona (Decreto regulamentar nº 23/95, 1995).

Como a determinação do volume infiltrado não é exato, cada país procurou adotar um valor regulamentar nacional, ou uma formulação adequada, nomeadamente, em função do diâmetro e da extensão da rede a montante. Na prática, os caudais de infiltração poderão ultrapassar os valores dos caudais de projeto, podendo ainda funcionar, como um indicador de desempenho da rede.

Seguidamente apresenta-se um quadro síntese de diversos critérios de quantificação do caudal infiltrado, em fase de projeto. Existem, inclusivamente, várias soluções para o mesmo país. Apesar da existência de tantas hipóteses na estimativa das infiltrações, não subsiste uma consensual para a comunidade científica, muito menos, uma que seja precisa na sua quantificação (Bertolino, 2013).

Quadro 3.2 Diferentes critérios de quantificação em projeto da contribuição da infiltração (Cardoso [et al.])

| País | Fonte | Crítérios |
|----------|---|--|
| Portugal | Decreto-Lei nº 23/95 (1995) | Para $D \geq 300$ mm: igual ao caudal médio anual |
| | | Para $D < 300$ mm: entre 0,5 a 4 m ³ /dia/cm/km. |
| | | Depende do estado de conservação dos coletores. Podem ser considerados valores inferiores se for assegurada a estanquidade da rede. |
| EUA | USEPA Guidelines (-) | Caudal de infiltração igual a 140 l/dia por mm de diâmetro e por quilómetro de comprimento da rede. |
| | Metcalf & Edy Inc. (1981) | Taxa de infiltração de 0,15 a 0,60 (L/s).Km. Valor para 160 m de rede por hectare. Dados originais em função da área drenada. |
| | American Society of Civil Engineers-Water Environment Federation (EPA 2001) | 0,05 a 1,39 m ³ /dia/cm/km ⁴ Variação de valores de referência locais, nos EUA. |
| Irlanda | Water Authorities Association (1989) | 10% da capacidade do coletor deve ser destinada à infiltração – sistemas separativos domésticos |
| | Greater Dublin Área Sewer Network (2004) | Caudal de infiltração igual a 10 a 15 % do caudal médio diário em tempo seco. |
| Brasil | SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) (1984) | 0,05 a 0,50 (L/s).Km. |
| | ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR 9649 (1986) | 0,05 a 1 (L/s). Km. O valor de ser justificado |
| Alemanha | Norma ATV118 (ATV-DVWK 2003) | 100% do caudal doméstico (em casos justificados pode assumir outra magnitude) - sistemas separativos |
| | | Negligenciada no dimensionamento dos coletores mas considerada no dimensionamento de estruturas especiais e estações de tratamento. – Sistemas unitários |

3.5.2 CÁLCULO DO CAUDAL INFILTRADO EM FASE DE EXPLORAÇÃO

As afluições indevidas, na fase de projeto, contabilizam-se como um só, não se separando as infiltrações de diferentes origens. Já na fase de exploração, é possível segregar as afluições indevidas em infiltração diretas e infiltrações indiretas.

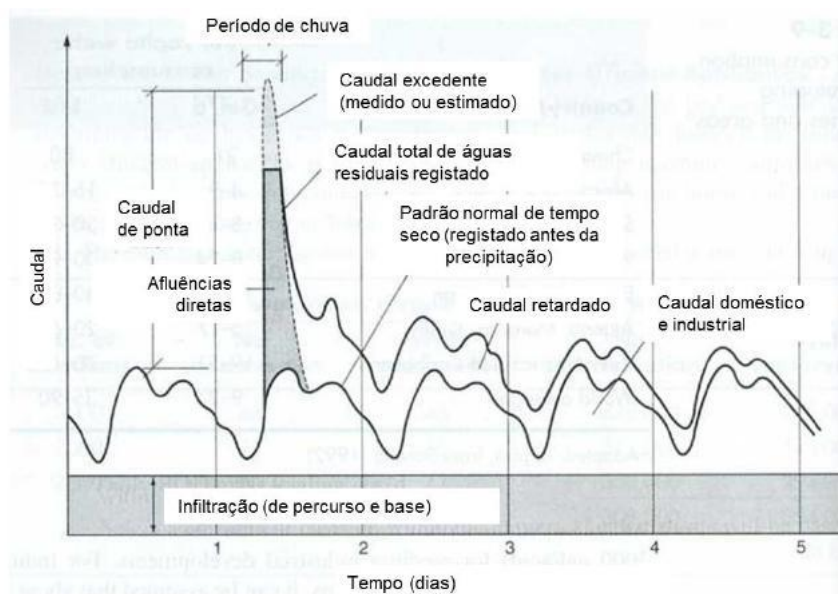


Figura 3.2 Identificação gráfica das afluições indevidas.(Metcalf et al., 2004)

Como já foi referido, o caudal infiltrado indireto é, apesar de sazonal, constante. Mas, o caudal infiltrado direto é inconstante e repentino. Existem inúmeras fórmulas para se quantificar, individualmente, cada infiltração, ou ambas. Todavia, não subsiste uma, em detrimento das outras, impossibilitando assim a uniformização e clarificação desta temática.

Existem quatro orientações possíveis de quantificação de afluições indevidas:

- Balances Hídricos** – metodologia baseada na subtração dos volumes de montante, aos volumes de jusante, em que, usualmente, este último é a água que aflui à ETAR;
- Hidrogramas** – procedimento matemático similar ao usado nos hidrogramas de cheia, em hidrologia e recursos hídricos;
- Marcadores** – processo no qual se quantifica o volume indevido em função de uma característica distintiva das águas sépticas;
- Modelos de Simulação** – modelos computacionais, empregando algoritmos idênticos aos modelos de percolação, e *inputs* característicos da bacia a simular.

A falta de esclarecimento, mesmo dentro de cada orientação, acarretou a necessidade de separar os métodos existentes em função de quantificarem infiltração direta, ou infiltração indireta, ou ambas.

3.6 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO EM FASE DE EXPLORAÇÃO

3.6.1 INFILTRAÇÃO DIRETA

3.6.1.1 Recomendações do IRAR nº 04/2007

Em 2007, o então Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), que veio a ser substituído pela ERSAR, emitiu uma recomendação para as entidades gestoras de redes de águas residuais. Nela, profere conselhos sobre a forma de faturação e quantificação dos volumes pluviais nas redes residuais urbanas edificadas. Denominada “Faturação de serviços em alta de saneamento de águas residuais urbanas com contribuição de águas pluviais”, a recomendação nº 04/2007 tenta uniformizar a nível nacional, a melhoria da gestão dos sistemas em “alta”, intercalando com medições nos sistemas em “baixa”, de forma a poder-se estimar a parcela de infiltração direta e quantificar os caudais descarregados por cada utilizador (Coelho, 2013).

É necessário medir, não só os pontos de ligação das redes em “baixa”, designados por pontos de recolha, e os caudais à entrada das estações de tratamento de águas residuais de forma contínua, mas também a pluviosidade. A pluviosidade é medida por diferentes udómetros, colocados em pontos específicos da área servida pela rede em questão, para se poder segregar entre tempo seco e tempo húmido, sem e com registos de pluviosidade, respetivamente.

Assim, a componente pluvial é a diferença entre o caudal em tempo húmido e o caudal em tempo seco, designando-se, genericamente, por volume pluvial. Nos dias em que não se regista qualquer precipitação, serão considerados os volumes diários registados nos medidores de caudal, que correspondem, na prática, aos caudais domésticos (industriais e comerciais) totais gerados pela rede sanitária. Os dias de chuva deverão distinguir as parcelas relativas às águas pluviais e ao consumo doméstico, de acordo com a expressão (3.2), que considera a média aritmética dos volumes medidos dos dias antecedentes e M dias consecutivos de tempo seco (Almeida & Monteiro, 2004).

$$V_{njT} = v_{njad} + v_{njap} = \text{MIN}\left(v_{njT}; \frac{\sum_{M=1}^M v_{mjT}}{M}\right) + v_{njap} \quad 3.2$$

Sendo,

V_{njT} corresponde ao volume total medido no ponto de medição j no dia de chuva n;

V_{njad} corresponde ao volume de águas residuais domésticas medido no ponto de medição j no dia de chuva n;

V_{njap} corresponde ao volume de águas pluviais medido no ponto de medição j no dia de chuva n;

M corresponde ao número de dias do último período contínuo de tempo seco. Considera-se como valor mínimo 10 dias.

Corresponde ao valor médio aritmético dos volumes totais medidos no ponto de medição j, no último período contínuo de tempo seco, M.

No caso deste valor médio (com chuva) for inferior ao valor médio habitualmente medido (sem chuva), este último deverá ser o valor a adotar.

O volume pluvial deverá ser afetado por um parâmetro k, a deduzir na fase do cálculo do caudal a faturar. Sugere-se (Coelho, 2013):

- 01/07/2010 a 31/12/2010 um fator k de 0.7
- 01/07/2011 a 31/12/2011 um fator k de 0.8
- 01/07/2012 a 31/12/2012 um fator k de 0.9
- A partir de 01/01/2013 um fator k de 1.

3.6.1.2 Índice API e Índice NAPI

É relativamente consensual o facto da relação entre a pluviosidade e o incremento das influências indevidas, na componente de infiltração direta, ser única e específica entre diferentes redes de drenagem, até mesmo entre troços da mesma rede. Função do tipo e permeabilidade do solo, condições de escoamento, construção da rede e precipitação antecedente, entre muitos outros que preponderam na infiltração direta (Coelho, 2013).

A possibilidade de padronizar a infiltração direta, função da conceção da existência de registos de muitos anos do valor acrescido de caudal infiltrado, devido a determinado fenómeno pluviométrico, definindo assim o seu comportamento específico e prever os cenários de caudal e precipitação. Admitindo que, o padrão futuro será idêntico ao padrão anteriormente registado (Ali *et al.*, 2010).

Com base nos propósitos apresentados, nasce o modelo API (*Antecedent Precipitation Index*). Este método teórico permite padronizar a correlação entre a ocorrência de infiltração direta, com diferentes cenários de precipitação. Tendo por base um contínuo e extenso cadastro de valores de caudal, que possibilita estimar, sempre dentro de um intervalo de confiança, os valores de caudal e precipitação.

Baseia-se no pressuposto que a pluviosidade majora a parcela infiltrada, uma vez que, aumenta a humidade dos solos, função do acréscimo de água no solo e ocorrência de escoamento superficial. Define ainda a infiltração como a soma de várias parcelas de caudal excedentário, provocadas pela precipitação antecedente (Staufer *et al.*, 2012).

Este método possibilita a avaliação e comparação entre sistemas de saneamento distintos, antes e depois de serem reabilitados. Sendo empregue quando não existem dados verídicos sobre os caudais e sobre a precipitação.

Podendo ser matematicamente apresentado pela seguinte forma (Ali *et al.*, 2010):

$$API = \sum_{t=-i}^{-1} P_t \times k^{-t} \quad 3.3$$

Para o qual:

i corresponde ao número de dias antecedentes;

k corresponde a uma constante de decaimento do solo. Pode variar entre 0.8 e 0.98;

P_t corresponde à precipitação durante o dia t.

Porém, o índice API não é usualmente empregado, devido à sua subjetividade implícita. Logo, o índice mais utilizado é o NAPI, que, além de se reger pelos mesmos pressupostos do API, possui uma componente normalizada. Assim, é possível não só a inclusão da precipitação anterior ao dia do início da precipitação, como a normalização a nível de comprimento das séries anteriores. Acrescentando-se, assim, três parâmetros advindos da normalização do índice API (Coelho, 2013):

- Normalização em termos da estação do ano na qual se insere o evento pluviométrico;
- Inclusão da precipitação do próprio dia do evento pluviométrico;
- Normalização no que diz respeito à extensão da base de dados.

Matematicamente expressa-se na seguinte fórmula (Ali *et al.*, 2010):

$$NAPI = \frac{\sum_{t=0}^{-i} P_t \times k^{-t}}{\bar{P} \times \sum_{t=-i}^{-1} k^{-t}} \quad 3.4$$

Onde se acrescenta:

\bar{P} correspondente à média pluviométrica dos dias antecedentes.

3.6.2 INFILTRAÇÃO INDIRETA

3.6.2.1 Caudal em tempo seco

Admite-se que em tempo seco, o caudal total escoado pela rede é a soma da infiltração indireta com a componente de águas residuais de origem doméstica e industrial, sem influência da infiltração direta. Permitindo assim, comparar os caudais totais registados à entrada da estação de tratamento, com o caudal em tempo seco, calculado matematicamente, sem somar a parcela de infiltração indireta. Sendo a sua diferença o caudal devido à infiltração indireta (Amorim, 2007).

$$CTS = Pop \times Cap + II + Qinds \quad 3.5$$

Na qual,

CTS corresponde ao caudal de tempo seco (m³/dia);

Pop corresponde à população residente;

Cap corresponde à capitação da população residente (m³/dia/hab);

II corresponde à parcela de infiltração indireta (m³/dia);

Qinds corresponde ao caudal industrial descarregado em 24h.

Este caudal fornece o volume esperado por dia, naquela secção da rede. Sendo diretamente função do nível de informação detida. Sujeitando-se, assim, da qualidade e quantidade desses registos.

Impera que haja um intervalo de não ocorrência de pluviosidade, entre os 7 a 10 dias, para fiabilizar este método. Este intervalo de segurança é suficiente para obter bons resultados práticos usando este procedimento, mesmo sabendo que a influência pluviométrica nestes casos chega até aos 6 meses após a chuvada (Drainage, 2005).

COM REGISTO

Se existirem registos das redes de drenagem, por exemplo da idade, do material das tubagens e do tipo de subsolo, é possível obter uma melhor estimativa da infiltração, podendo os dados ser expressos em indicadores (caudal por unidade de diâmetro e por unidade de comprimento da rede) (Amorim, 2007).

SEM REGISTO

Quando se verifica a inexistência de dados relativos à rede de drenagem, em áreas com níveis freáticos elevados, pode-se determinar a infiltração, como sendo igual a 45% do caudal em tempo seco (incluindo a infiltração), ou seja:

$$II = 0,45 \times CTS \quad 3.6$$

Alternativamente, a infiltração pode ser representada como:

$$II = 0,80 \times (CTS - II) \quad 3.7$$

Esta percentagem de infiltração terá sido estudada no projeto CIRIA, 1996. Repare-se que este valor terá sido estudado em Inglaterra e Escócia e, por questões de proximidade e semelhança nas condições hidrológicas e de rede, admite-se que representa um valor próximo ao do real na Irlanda (Drainage, 2005).

Relativamente ao caso Português, este deverá ser estudado, para verificar a sua conformidade com o valor proposto pelo projeto.

3.6.2.2 Caudal mínimo

Seguindo a mesma linha de pensamento do método anteriormente apresentado, caudal em tempo seco, este processo analisa, ao invés do caudal diário, o caudal afluente às estações de tratamento nas primeiras horas do dia. No qual, a componente de origem doméstica apresenta valores muito reduzidos, atingindo o seu valor mínimo diário (Drainage, 2005).

O registo dos caudais em tempo seco, nos vários períodos do dia, permite determinar o caudal médio diário em tempo seco e o caudal mínimo diário em tempo seco (período noturno).

Tradicionalmente, admite-se que 10% do caudal mínimo noturno tem como origem, unicamente a contribuição doméstica. Porém, esta percentagem é função dos hábitos e costumes da população, sendo preferível fazer estudos locais, para se estimar assertivamente essa percentagem (Amorim, 2007).

$$Pop \times Cap + Q_{inds} = (Q_{med} - Q_{min, noct})/F \quad 3.8$$

Q_{med} - caudal médio em 24 horas (medido);
 $Q_{min, noct}$ - Caudal mínimo noturno (medido);
 F – factor (valor típico de 0.9)

A infiltração é então dada pela seguinte expressão:

$$II = Q_{med} - (Pop \times Cap + Q_{inds}) \quad 3.9$$

Na qual,

Q_{med} corresponde ao caudal médio de consumo durante um dia (m^3/dia);
 Pop corresponde à população total (hab);
 Cap corresponde à capitação ($m^3/dia/hab$);
 $Q_{industrial}$ corresponde ao caudal industrial descarregado em 24h.

Neste método é imperativo ter em conta a influência da precipitação, havendo a necessidade de se assegurar um intervalo de segurança de não ocorrência de pluviosidade, similarmente ao sucedido no método anterior, para possibilitar a implementação deste procedimento. Os registos, após um período de 7 dias sem ocorrência de precipitação, são, geralmente, considerados apropriados para certificar que a componente de infiltração direta pode ser desprezável nesses dados (Drainage, 2005).

O maior entrave deste método é a dificuldade na medição de caudais. Sendo, o escoamento em superfície livre e com valores tão reduzidos, como é o caso dos caudais mínimos noturnos na maioria das redes de águas residuais separativas, resulta num trabalho muito oneroso na sua medição. Tendo-se que recorrer a aparelhos tão caros como escassos, como são os medidores de caudal ultrassónicos, que são dos poucos que permitem registar valores de caudal com alturas de escoamento tão pequenas (Amorim, 2007).

3.6.2.3 Métodos dos Isótopos Naturais

O Método dos Isótopos Naturais é um processo barato e de simples aplicação. Aproveitando as características isotópicas dos átomos de oxigénio ou de hidrogénio, da molécula da água, é realizável utiliza-los como traçadores no cálculo dos rácios de infiltração. Na realidade, este procedimento é restrito aos isótopos ^{18}O e ^{16}O , do átomo de oxigénio, não havendo nenhum trabalho, à data, que tenha empregado o hidrogénio como traçador (Cardoso *et al.*, 2006; Rodrigues, 2013).

Este cálculo provém da razão entre ^{18}O e ^{16}O , designada por $\delta^{18}\text{O}$, sendo determinada pela comparação com o padrão de referência para a água, do SMOW (*Standard Mean Oceanic Water*) (Karpf & Hoef, 2005).

$$(\delta^{18}\text{O})_{\text{amostra}} = 1000 \times \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{amostra}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}} \quad 3.10$$

A abundância de um dado isótopo em águas naturais, depende de fatores como as características dos eventos de precipitação (altitude, latitude, distância ao oceano), do ciclo de evaporação/condensação ou a ocorrência de trocas minerais (De Bénédittis & Bertrand-Krajewski, 2004; Houhou, 2010).

Porém, a sua utilização é limitada, porque só permite estudar duas origens distintas e, necessita ainda que, as características isotópicas sejam homogenias. Logo, são usados rastros de isótopos diferentes para a água infiltrada e para a água de abastecimento. Em que, a água infiltrada se restringe à água subterrânea, do nível freático do terreno, e a água da rede corresponde à água residual doméstica, considerando, claramente, que esta ultima é consequência direta do uso da água de abastecimento (De Bénédittis & Bertrand-Krajewski, 2004).

Aproveitando este traçador e o balizamento das duas fontes desiguais, é exequível, com base no hidrograma diário do caudal, fazer a proporção destas duas componentes. Como é bem representativo na figura 3.3.

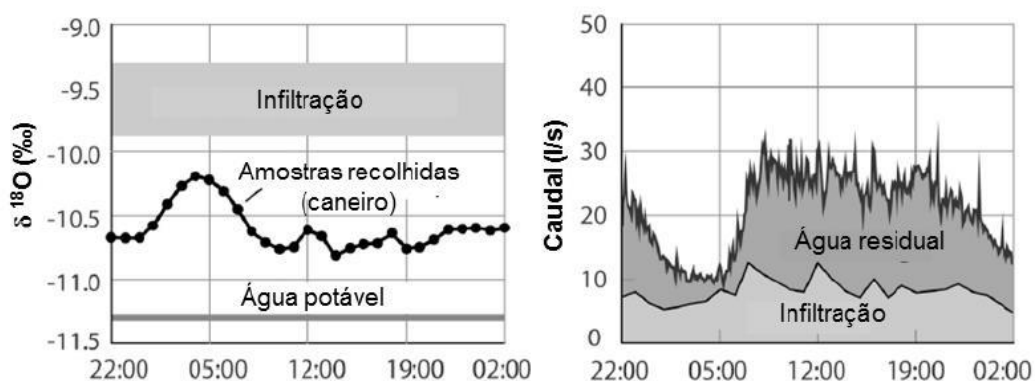


Figura 3.3 Caracterização isotópica e decomposição do hidrograma diário nas suas componentes básicas (Rodrigues, 2013)

O erro deste método, segundo vários trabalhos realizados neste âmbito, na estimativa da taxa de infiltração, é meramente de 5%. Provando que, este procedimento de avaliação de infiltração é preciso. Em contrapartida acarreta muitas simplificações e despreza muitas outras origens de águas parasitas.

3.6.3 INFILTRAÇÃO INDIRETA E DIRETA

3.6.3.1 Método do Triângulo

O Método do Triângulo, proposto por Weiß em 2002, é baseado no Método da Separação Hidrográfica. Uma metodologia genérica e aleatória na determinação das diferentes parcelas de infiltração, tendo por base o hidrograma de cheia (Rodrigues, 2013).

O resultado final do método do triângulo é a contabilização das diferentes parcelas do caudal que afluem numa determinada secção, usualmente numa ETAR. Obriga ao registo diário dos caudais afluídos, num período temporal usualmente de 1 ano, com a finalidade de se obter a série de caudais diários totais que afluem à ETAR. Permitindo assim construir um gráfico, em que, nas abcissas corresponde o caudal diário em percentagem do valor máximo, observado nessa amostra, e nas ordenadas a percentagem temporal considerada nessa amostra. Alcançando-se uma curva de caudais organizados por ordem crescente em percentagem do máximo registado, caracterizando-se pela sua forma em S. A figura 3.4 representa o método do triângulo obtido na ETAR de Mirandela num período de 340 dias (Amorim, 2007).

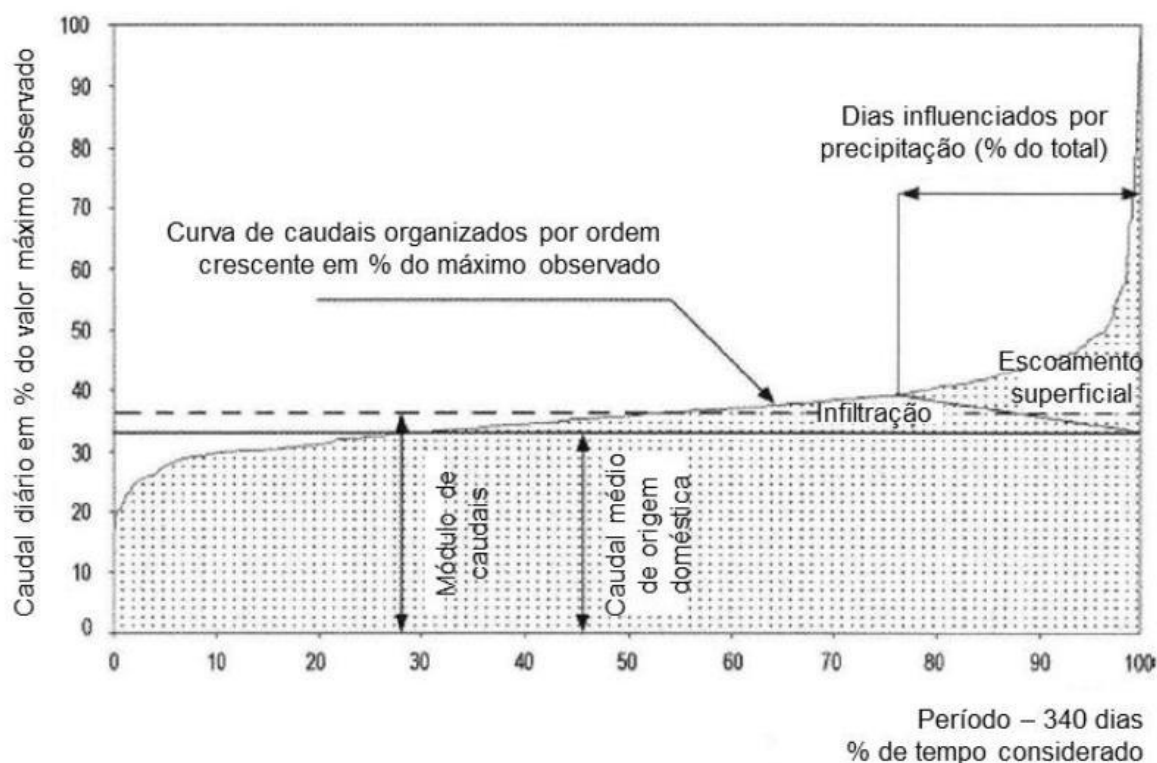


Figura 3.4 Aplicação do método do triângulo para a separação das parcelas de água residual, infiltração e escoamento superficial na ETAR de Mirandela (Amorim, 2007).

Esta segregação das parcelas, carece da determinação, *a priori*, do caudal exclusivamente de água residuais, apresentado no gráfico pela linha horizontal a cheio, denominado como caudal médio de origem doméstica. Também é necessário verificar os dias com registos de precipitação, representado no gráfico pelos dias influenciados pela precipitação, em percentagem do total, da direita para a esquerda.

A componente de origem doméstica admite-se constante durante toda a amostra.

A **primeira etapa** é a separação do volume de aflúências indevidas, do volume de água residual de origem doméstica e industrial. Assim, a área da curva em S, abaixo da linha horizontal, representa o volume total, unicamente motivado pela água residual que chega à ETAR. Enquanto, a área dessa curva, acima da tal linha horizontal, é o volume excedente de águas parasitas afluídas.

A **segunda etapa** é a distinção do volume de aflúências indevidas, entre infiltração indireta e infiltração direta. Aqui, a infiltração indireta denomina-se unicamente por infiltração. Já a infiltração direta encontra-se apresentada como escoamento superficial. Esta divisão, advém da linha que interceta o ponto da curva em S, inicialmente influenciada pela precipitação, com o ponto temporal 100% do caudal médio diário de origem doméstica. A área elencada da curva em S, correspondendo à aflúência indevida, conduz a que à direita da linha apresentada condiz à infiltração indireta, enquanto à sua esquerda, à infiltração direta.

É admitida a relação matemática linear, e é assumido que, a precipitação maximiza a infiltração direta. Esta metodologia tem como mais-valias, ser facilmente implementada e permitir a interpretação dos resultados obtidos de forma muito simples e clara (Almeida & Monteiro, 2004).

3.6.3.2 Método das Séries Temporais de Cargas Poluentes

A “**Série Temporal Poluente**” parte do pressuposto que, em tempo seco, a infiltração causa a diluição do esgoto e leva à diminuição da concentração dos poluentes tipicamente presente em águas residuais domésticas. Portanto, serve-se da concentração dos poluentes da água drenada para aferir a quantidade de infiltrações indevidas. Este balanço de massa permite calcular a taxa de infiltração com base em modelos ajustados para a modelação diária do caudal e da concentração da CQO, que é o poluente normalmente usado como marcador. A opção da CQO, como parâmetro traçador, é benéfica. Porque é um parâmetro muito monitorizado e estudado na área das águas residuais. Não é sensível a fenómenos como o pH, variações de temperatura, adsorção ou oxirredução. Neste procedimento, ainda são necessários hidrogramas diários e consequentes representações gráficas análogas, com vista a demonstrar a variação da concentração de poluentes (Cardoso *et al.*, 2006).

Existem três etapas a completar, visando a execução do método das séries temporais de cargas poluentes.

- i. Medição simultaneamente e contínua do caudal e da CQO na secção a analisar. Requer equipamento adequado e, acima de tudo, fiável.
- ii. Análise das séries temporais obtidas e posteriores representações gráficas similares.
- iii. Construção de um modelo matemático, ajustado à representação gráfica, que sirva de padrão para aquela secção. Visando, a partir dele, poder-se estimar o caudal infiltrado.

Posteriormente à obtenção do modelo matemático, típico da secção, é possível determinar o caudal infiltrado através do balanço de massa. Admite-se que, a CQO é aproximadamente nula nas águas parasitas e que se conhece, pela análise laboratorial, o valor normal da CQO das águas domésticas. Determina-se o caudal infiltrado através da seguinte expressão (Rodrigues, 2013):

$$C_t = \frac{Q_{AR} \times C_{AR} + Q_{infl} \times C_{infl}}{Q_t} \quad 3.11$$

Em que:

Q_t - Caudal total (m^3)

C_t - CQO do caudal total

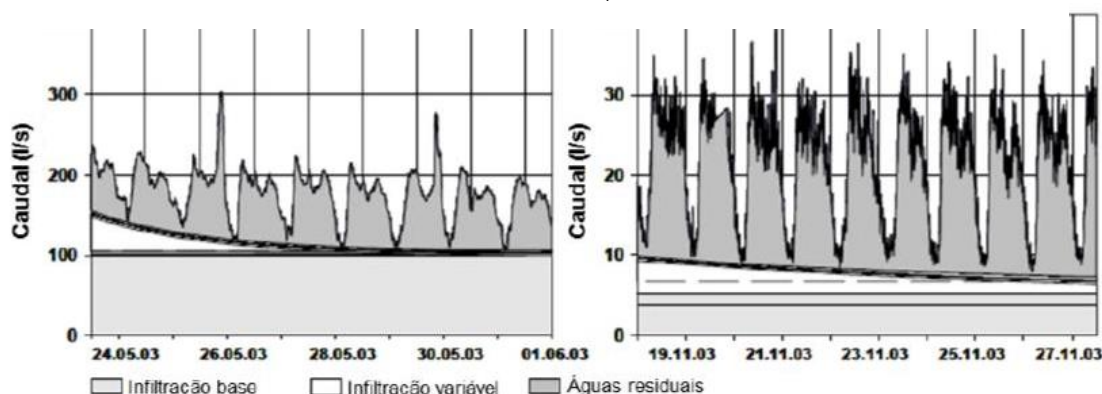
Q_{AR} - Caudal de água residual doméstica (m^3)

C_{AR} - CQO das águas residuais domésticas

Q_{infl} - Caudal infiltrado (m^3)

C_{infl} - CQO das águas infiltradas

Figura 3.5 Separação dos hidrogramas obtidos em duas bacias de drenagem na Suíça (Kracht *et al.*, 2007).



A figura 3.5 demonstra a aplicação deste método numa ETAR e numa secção da rede de drenagem de águas residuais. É curioso verificar a similaridade entre os dois casos. A única diferença é a componente de infiltração base (infiltração indireta) ser mais preponderante no caso da ETAR, do que no caso da secção da rede. Também a assinalar o caudal mínimo noturno, no qual, o escoamento fica unicamente a dever-se às afluências indevidas, estas, mesmo sem ocorrência de precipitação, mantêm constantemente a presença, com elevada quantidade.

3.7 MODELOS DE SIMULAÇÃO

Os modelos computacionais têm conquistado o seu espaço na engenharia hidráulica, principalmente em fase de projeto. Assim como o abastecimento de água tem no EPANET o modelo *opensource* mais utilizado e já bem desenvolvido, a drenagem de águas residuais tem o SWMN (*Stormwater Management Model*) para simular e estimar valores de caudais da rede de drenagem analisada (Rodrigues, 2013).

Contudo, não existe um modelo consensual, nem afinado, para se simular a entrada de infiltração em sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo. A variabilidade temporal, quantitativa e proveniências, das afluições indevidas, impossibilita a criação de um código que combine todas estas variáveis aleatórias (Karpf & Krebs, 2011).

A utilização do SWMN necessita de boa informação sobre a rede, por isso, para este programa funcionar é preciso um cadastro da rede muito detalhado. Este *software* contabiliza o caudal infiltrado através da padronização de registos obtidos da rede, em função de determinada precipitação registada. De certa forma, similarmente ao que se faz no EPANET com os coeficientes horários de consumo (Gustafsson, 2000).

Existem modelos mais específicos sobre esta problemática. Nestes, a infiltração direta é normalmente contabilizada como do SWMN. Já a infiltração indireta, obviamente com as devidas adaptações, simula o fenómeno de infiltração indireta em coletores, identicamente aos processos de alimentação em cursos de água naturais. Isto é, a dinâmica da infiltração de água subterrânea, em sistemas de drenagem, processa-se de igual forma, à interação entre rios e aquíferos. Podendo ser por teorias de armazenamento e retenção de água no solo, ou por leis físicas unidimensionais, como a lei de Darcy (Gustafsson, 2000).

Entre esses modelos de simulação há que mencionar o MIKE SHE da DHI, o URBS e o MODFLOW. Porém, nenhum se encontra num patamar de qualidade ou fiabilidade, para serem utilizados livremente sem dúvidas ou receio de erros (Karpf & Krebs, 2011).

3.8 INDICADORES DE DESEMPENHO

Algumas das principais deficiências funcionais, que ocorrem em sistemas de drenagem urbana, resultam de afluições indevidas. Estas diminuem a eficácia e a eficiência da operacionalidade dos recursos destas infraestruturas. Previsivelmente impera uma tomada de posição no combate a esta problemática. O resultado final, desta tomada de posição, obrigatoriamente tem de passar por projetos de reabilitação e consequente implementação em obra. Contudo, antes de tal empreendimento, impera uma análise correta e exaustiva da situação da infraestrutura de drenagem. Consequentemente existente três passos a completar (Cardoso, 2002):

- i. Avaliar a condição estrutural do sistema
- ii. Prever aplicações financeiras para manter o nível do sistema de saneamento com a qualidade desejada
- iii. Avaliar o desempenho dos projetos de reabilitação e seu benefício futuro

Obtido o caudal infiltrado é necessário correlaciona-lo com a rede em questão, facilitando o conhecimento da real magnitude do problema. Com esse intuito, foram criados indicadores de desempenho, propostos pelo LNEC, no âmbito do projeto APUSS. Eles permitem avaliar o desempenho de um determinado sistema de drenagem urbano, do tipo separativo, no que concerne às afluições indevidas aos coletores (Cardoso, 2002; Moura, 2004).

A quantificação da magnitude dos caudais de infiltração, seja com o intuito de avaliar a sua relevância num determinado sistema, seja para estimar o efeito de intervenções mitigadoras deste problema, deve ser feito recorrendo a um conjunto de indicadores. Tais, permitem quantificar de forma objetiva os caudais de infiltração e admitem a comparação entre diferentes sistemas, assim como, contabilizam todos os fatores preponderantes da presença de influências indevidas, no sistema de drenagem a estudar (Cardoso, 2002; Cardoso *et al.*, 2006).

- **Utilização da capacidade da secção cheia:** “esta medida indica qual é a percentagem do caudal de infiltração relativamente ao valor do caudal de secção cheia do coletor, que representa a sua capacidade. Permite avaliar a percentagem da capacidade do coletor que é utilizada em consequência da ocorrência de infiltração. Este indicador não entra em conta com nenhuma das origens possíveis da infiltração acima referidas. Este valor pode ser obtido elementarmente (num coletor), sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema). Neste caso é necessário conhecer a capacidade do coletor a avaliar, o que não apresenta dificuldade uma vez conhecida a topologia, a geometria e o material do coletor em análise. Este indicador fornece informação sobre o desempenho hidráulico, dando um valor relativo à capacidade do coletor em análise mas não traduzindo qualquer informação sobre a quantidade absoluta de infiltração ocorrida. Por exemplo, ao longo de um troço de rede, com três coletores sucessivos de capacidade crescente, o valor absoluto da infiltração mantinha-se, não havendo acréscimo de infiltração ao longo de todo o troço. Este indicador tomava os valores de 60%, 30% e 10% em cada coletor de montante para jusante, significando que a capacidade de cada coletor era ocupada naquela percentagem, respetivamente, por caudal de infiltração. No entanto, o valor real da infiltração era o mesmo nos três coletores.”

$$\frac{Q_{inf}}{Q_{sc}} (\%) \quad 3.12$$

- **Proporção do caudal de tempo seco:** “esta medida indica qual é a percentagem do caudal de infiltração relativamente ao valor do caudal médio diário de tempo seco. Permite comparar o peso da contribuição do caudal de infiltração relativamente ao do caudal médio diário de tempo seco no caudal que é transportado pelo sistema. No entanto, este indicador não entra em conta com nenhuma das origens possíveis da infiltração acima referidas. Este valor pode ser obtido elementarmente (num coletor), sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema). Neste caso é necessário conhecer a o caudal médio de tempo seco escoado pelo coletor a avaliar, dado obtido através de medições ou por estimativa. Este indicador tem o inconveniente de ser dependente da influência do caudal médio diário de tempo seco. Por exemplo, num troço de coletor de 1 km com 1000 mm de diâmetro, um caudal de infiltração de 50 m³/dia é considerado um valor baixo segundo o Decreto Regulamentar 23/95 e corresponderia a 0,5% num sistema que transportasse um caudal médio diário de tempo seco de 8640 m³/dia e a 1,2% noutro sistema que transportasse um caudal médio diário de tempo seco de 4320 m³/dia. Este indicador, se aplicado ao caudal que chega à estação de tratamento, permite dar informação sobre o peso que o caudal de infiltração pode ter nos gastos do tratamento. Neste caso, além de ser usado em termos de volume pode ser aplicado em termos de percentagem de custos.”

$$\frac{Q_{inf}}{Q_{mts}} (\%) \quad 3.13$$

- **Caudal unitário por câmara de visita:** “esta medida indica o caudal médio de infiltração por câmara de visita. Como foi anteriormente referido, as câmaras de visita são possíveis origens de infiltração. Assim, para avaliar a influência do número de câmaras de visita no caudal de infiltração, este valor deve ser determinado em troços de igual comprimento, para que a influência do comprimento do coletor, outra origem de infiltração, não se sobreponha com a

das câmaras de visita. No entanto, este indicador não entra em conta com a influência da infiltração ao longo do coletor, nem nas ligações domésticas. Este valor pode ser obtido, sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema). Neste caso, é necessário conhecer o número de caixas de visita que contribuem para a avaliação em causa, o que pode condicionar a aplicação deste indicador. Em sistemas onde a origem da infiltração ocorra com predominância nas câmaras de visita, este pode ser um indicador importante para avaliar os benefícios de reabilitação.”

$$\frac{Q_{inf}}{N^{\circ} C_{visita}} (m^3/s) \quad 3.14$$

- **Caudal unitário por comprimento do coletor:** “esta medida indica o caudal médio de infiltração que ocorre por km de comprimento do coletor. Este indicador não tem em conta a influência da infiltração nas câmaras de visita, nem nas ligações domésticas. Este valor pode ser obtido elementarmente (num coletor), sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema). Neste caso, é necessário conhecer o comprimento total dos coletores que contribuem para a avaliação em causa, o que pode condicionar a aplicação deste indicador; no entanto, em sistemas onde a infiltração ocorra predominantemente ao longo do coletor pode ser um indicador importante para avaliar os benefícios de reabilitação.”

$$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor}} (m^3/s/km) \quad 3.15$$

- **Caudal unitário por área de parede do coletor:** “esta medida indica o caudal médio de infiltração em função da área de parede do coletor exposta a possíveis infiltrações. Este indicador não entra em conta com a influência da infiltração nas câmaras de visita, nem nas ligações domésticas. Este valor pode ser obtido elementarmente (num coletor), sectorialmente (num subsistema) ou globalmente (no coletor de jusante do sistema). Neste caso, é necessário conhecer o valor total da área longitudinal dos coletores que contribuem para a avaliação em causa, o que pode condicionar a aplicação deste indicador; no entanto, em sistemas onde a infiltração ocorra predominantemente ao longo do coletor, pode ser um indicador importante para avaliar os benefícios de reabilitação.”

$$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor} \times P} (m^3/dia/(cm.km)) \quad 3.16$$

O uso destes indicadores impõem uma correta avaliação da sua fiabilidade, procurando assemelhar, o mais possível, com a realidade. Também requer o estudo exaustivo dos resultados obtidos, visando a melhor comparação possível entre os casos de estudo.

Estes parâmetros podem igualmente ajudar nos processos de decisão das entidades gestoras, no processo de eventuais reparações a realizar na rede. Porém, estes indicadores são unicamente instrumentos complementares, e nunca a representação fidedigna da situação real do sistema (Cardoso, 2002; Cardoso *et al.*, 2006).

3.9 ASSESSING INFILTRATION AND EXFILTRATION ON THE PERFORMANCE OF URBAN SEWER SYSTEMS

Entre 2001 e 2004 decorreu o projeto APUSS (*Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems*), financiado pela Comissão Europeia no âmbito do 5º Programa Quadro de Investigação e Desenvolvimento. Nele associaram-se universidades, PME's (Pequenas e Médias Empresas) e municípios de sete países Europeus. Este projeto foi dedicado às questões da infiltração e exfiltração. Tendo sido estruturado para três áreas de trabalho principais, designadamente: i) desenvolvimento de novos métodos de medição, ii) modelos e ferramentas computacionais associados, iii) aspetos socioeconómicos relacionados com a infiltração e exfiltração (I/E) (Cardoso *et al.*, 2002)

O projeto APUSS foi definido e desenvolvido por dez parceiros científicos, de sete países europeus. Entre esses parceiros encontrava-se um representante português, o LNEC. Esta demanda também fez parte integrante do *cluster* CityNet, do 5º Programa Quadro de Investigação e Desenvolvimento da Comissão Europeia, que incluiu seis projetos independentes relacionados com os sistemas integrados de água em meio urbano (Cardoso *et al.*, 2002)

Os principais objetivos do programa passaram por (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005; Coelho, 2013):

- Desenvolvimento e teste de novos métodos de quantificação e controlo de infiltrações, nomeadamente o método das séries temporais poluentes e o método dos isótopos naturais;
- Avaliação dos efeitos e interações do comportamento dos sedimentos nos esgotos;
- Implementação de *software* específico, que permita calibrar e verificar os métodos de análise propostos, através de registos observados em cidades modelo, facilitando assim o processo de decisão, assim como, a gestão e manutenção da rede;
- Desenvolvimento de métodos volumétricos para avaliar as ligações domiciliárias;
- Integração de métodos económicos analíticos, que permitam diferenciar e avaliar a performance económica da rede, pela criação de indicadores de desempenho e multicritérios numa perspetiva de investimento/reabilitação da rede.

Num questionário enviado a todos os utilizadores finais do projeto APUSS, demonstrou-se que, não é possível a transferência de informação técnica e financeira entre diferentes cidades, porque existe uma larga diversidade de abordagens e de organizações. No entanto, foi desenvolvida uma nova estrutura de custos para os sistemas de drenagem urbana, utilizando seis grupos de custos (material, salários, diversos custos operacionais, deposição de resíduos, depreciação e juros calculados), que constituem a base para a análise custo-benefício e para estudos de *benchmarking*. A aplicação da análise custo-benefício foi ilustrada através de quatro exemplos (reabilitação vs. substituição para diferentes profundidades de instalação). Para a comparação, foram calculados custos anuais de operação e investimento, que revelaram que o tempo de amortização das medidas planeadas é um dos aspetos primordiais na tomada de decisão das entidades gestoras.

3.10 MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO DE ANOMALIAS

Existem inúmeras técnicas para a identificação de anomalias nos sistemas de saneamento. Para as infiltrações indesejadas, nos sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, subsistem alguns métodos visando a localização e identificação dos focos de afluência, desde ligações ilícitas, à entrada de águas pluviais.

Dependendo do método implementado, a entidade gestora tem de acatar, *à priori*, todos os procedimentos legais, essenciais à sua implementação. Pois, muitos deles, aquando da sua aplicação, invadem, forçosamente, propriedade privada. Mesmo em espaço público é impreterível a correta sinalização e informação dos procedimentos a utilizar (Tuomari & Thompson, 2004).

3.10.1 TESTE COM RECURSO A MARCADORES

O “dye test”, ou teste com recurso a traços para tingir a rede, é um procedimento benéfico na deteção de infiltração, quer direta, quer indireta. Compreende a utilização de um marcador não tóxico e biodegradável, que facilmente se congrega com a água, tingindo-a com uma cor fluorescente facilmente detetável visualmente. Tal faculdade permite identificar, numa simples inspeção visual, se a água drenada teve, ou não teve, em contato com o marcador. Logicamente, o marcador é aplicado em pontos específicos da rede, onde haja suspeitas de existirem fontes de infiltrações, como jardins, tubos de queda ou drenos de fundação, por exemplo. Infelizmente, a aplicação deste procedimento requer o gasto excessivo de água. Consequentemente, ao realizar-se inspeções visuais à rede, a jusante dos locais com marcadores, será possível aferir a sua afluência, ou não, ao sistema de drenagem de águas residuais. É conveniente que este método seja utilizado na sequência do teste de fumo (EPA, 1991; Drainage, 2005; Hao, 2000).

3.10.2 INJEÇÃO DE FUMO

Esta técnica consiste na injeção de fumo, colorido e não tóxico, sob uma ligeira pressão nos coletores da rede, com vista a averiguar a estanquidade do sistema. Tanto pode servir para examinar os locais de fuga dos gases nocivos do esgoto, como também, de fendas ou fissuras onde possa haver extravasamento ou infiltração de água. É um processo rápido, entre 10 a 30 minutos, e de aplicação simples (Drainage, 2005).

O teste de fumo não pode ser realizado após a ocorrência de uma chuvada, ou persistência de ventos fortes, tal como, quando a infiltração indireta seja elevada. Estas condicionantes impedem a correta deteção, através desta técnica, de defeitos no sistema de drenagem. Juntamente, não pode haver neve, nem nevar, e tem de ser realizado à luz do dia. Infelizmente, esta técnica não é viável na deteção de danos estruturais ou interligações de conexões, quando estes ainda se encontram em operacionalidade, tal como, quando os solos em torno e acima das condutas estão saturados, e também, quando a superfície está congelada ou coberta de neve (EPA, 1991).

Trata-se de um procedimento muito bom para detetar as deficiências que promovem as infiltrações diretas, principalmente eficiente nas ligações de ramais prediais erróneas. Também permite averiguar locais de infiltrações indiretas. Os resultados positivos, obtidos pelo teste de injeção de fumo, devem ser documentados com fotografias, cuidadosamente rotuladas. Inspeções durante a construção da rede, e durante a sua operacionalidade, incluem muitas vezes, um programa de testes de fumo. Porque em alguns casos, é a única maneira de se encontrar as ligações clandestinas.

A supervisão dos vários itens de segurança e legalidade a cumprir, torna esta técnica, em muitas situações, inexecutável, pelo bloqueio de privados ou mesmo de entidades públicas.

3.10.3 INSPEÇÃO VISUAL CCTV

As inspeções CCTV (*Close Circuit Television*) são a melhor técnica na localização de anomalias do sistema, porque se tratar de uma técnica muito precisa e detalhada. Usualmente é utilizado, *a posteriori*, de outros métodos que detetaram as irregularidades, procurando com este, pormenorizar e detalhar a anomalia detetada.

Resume-se à filmagem do interior da rede de saneamento, através de um veículo robotizado com uma câmara de filmar. Contudo, há que garantir a inexistência de obstruções, e necessária remoção de detritos, para o robot poder circular nos coletores. Impera que, o robot incorpore, obrigatoriamente, uma lanterna.

As vantagens da aplicação do CCTV são inúmeras, desde, segurança dos operários aos gases tóxicos do esgoto, ao registo contínuo da rede e suas conexões, e consequente geração de dados de alta qualidade, visando o desenvolvimento de planos de gestão da entidade gestora. Finalmente, a eficiência desta técnica, em conhecer-se, especificamente, a localização dos defeitos e bloqueios, permite a rápida e exata reparação ou reabilitação da zona referenciada (Coelho, 2013).

A faculdade de filmar o interior das condutas, enquanto se desloca, permite a total cobertura da condição estrutural da rede. Caso seja feito periodicamente, é uma excelente mais-valia no programa de manutenção preventiva, bem como, parte integrante da investigação das causas de infiltrações indevidas nessa bacia de drenagem.

Lamping

Envolve a introdução, em profundidade, de uma camara fotográfica numa caixa de visita da rede. Alinhada ao centro da estrutura, é descida até à interceção com o coletor de águas residuais. A principal desvantagem desta técnica é a sua limitação espacial, porque filma poucos metros da conduta, a montante e a jusante, do ponto de acesso. Além disso, tem uma utilização limitada em redes com tubagem de pequeno diâmetro. Os benefícios desta técnica incluem a desnecessidade da entrada de técnicos em espaços confinados, o pouco equipamento utilizado, assim como, a rapidez de preparação e execução (EPA, 1990).

Sonar

É uma tecnologia nova, sendo implantada de forma semelhante às câmaras CCTV, mas utilizando um sonar à superfície. Baseado nos impulsos emitidos e refletidos, em função do seu tempo de percurso, fornece dados que permitem construir a imagem do interior do tubo, incluindo a sua condição estrutural. Uma vantagem desta técnica é a possibilidade de ser utilizada nas secções inundadas ou inacessíveis do esgoto. A grande desvantagem desta técnica é requerer equipamento pesado e dispendioso na sua utilização (EPA, 1991).

Scanner

A avaliação da infraestrutura de saneamento, usando a técnica de *Scanner*, é uma tecnologia experimental, onde, um *scanner* de 360 graus produz uma completa imagem digital do interior da tubagem. Esta metodologia é semelhante ao sonar, porque produz uma imagem do estado de deterioração das condutas. Contudo, para o aprofundamento da sua análise, é imperativo a aplicação do CCTV. Porque, quer o *scanner*, quer o sonar, não possibilitam a identificação de todos os tipos de defeitos, como a corrosão, por exemplo (EPA, 1991).

3.10.4 “JETTING”

O *jetting* é um procedimento simples e barato, baseado na injeção de jatos de água na rede de esgotos, facultando assim, a limpeza do sistema de saneamento. A limpeza é o primeiro passo de qualquer processo de exame interno, significativo. O procedimento de limpeza deve, limpar o lodo, lama, areia, cascalho, pedras e raízes da canalização, caixas de visita e estações de bombeamento de poços para, posteriormente, serem devidamente inspecionados. Ao se monitorizar a área adjacente da injeção do jato, é possível identificar ligações cruzadas e erróneas. Porém, só permite verificar infiltrações de origem direta, porque é impossível verificar o extravasamento da água injetada para o exterior dos coletores, já que, estes estão enterrados e circundados por solo. As suas duas finalidades básicas são (Drainage, 2005):

- Limpar todas as linhas de escoamento do esgoto, por meios apropriados e com equipamento adequado, imediatamente antes da inspeção interna ou medição da velocidade.
- Determinar, se possível, todos os obstáculos ou outro tipo de obstrução física, condições correntes de escoamento ou de conexão que visem interferir ou impedir a inserção e circulação dos equipamentos de inspeção.

3.10.5 ISOLAMENTO DE PEQUENOS TROÇOS DA REDE

Suspeitando-se que a infiltração se encontra restrita a certa área, da bacia de drenagem, a aplicação da técnica do isolamento de pequenos troços da rede é o mais aconselhável. Baseia-se na injeção de água, ou ar, na rede, procurando detetar fontes de infiltrações de origem indireta (Drainage, 2005).

Necessita de prévia preparação do troço, no que respeita a limpeza e selagem de ramais. Acarretando limitações e inconvenientes, principalmente, no que respeita ao isolamento total das secções em análise da rede.

Quadro 3.3 Vantagens e Desvantagens dos Métodos (Drainage, 2005)

| Método | Vantagens | Desvantagens |
|------------------------|--|---|
| Injeção de fumo | Rápido e Simples Sem necessidade de entrar em propriedades privadas | Depende das condições climáticas Não localiza a secção da anomalia |
| Marcadores | Simples | Não localiza a secção da anomalia Necessidade de entrar em propriedades privadas |
| “Jetting” | Simples Manutenção da rede | Não localiza a secção da anomalia Só aplicável à infiltração direta |
| CCTV | Localiza a secção da anomalia Proporciona a inspeção total da estrutura | Custo Trabalhos preparatórios (ex. limpeza, desvios de caudais) Não identifica a origem |
| Isolamento | Quantifica o caudal infiltrado | Interrupção da drenagem – acumulação de esgoto, bombagem |

3.11 ANÁLISE DE LOCAIS E ELEMENTOS VULNERÁVEIS

Como foi anteriormente apresentado, existem métodos para localizar as fontes de águas parasitas e para associa-las a anomalias do sistema. Contudo, o trabalho de restringir a área ou secção da rede, no intuito de aplicar determinado método, tem que ter, obrigatoriamente, numa lógica ajuizada e de redução de custos, assim como, uma análise de locais e elementos vulneráveis, possibilitando assim circunscrever a busca.

Os pontos da rede, com propensão de serem fontes de infiltrações indevidas, são, por intermédio de uma análise cuidada de vários parâmetros, facilmente fixados. Não sendo uma aproximação definitiva, conduz ao incremento da eficácia e eficiência dos métodos de deteção. Estes permitem demonstrar a real dimensão do problema, principalmente o volume de afluências indevidas.

Seguidamente expõem-se os parâmetros de análise da rede, com vista a restringir a procura. Infelizmente, são assuntos mais do foro empírico, do que propriamente científico.

3.11.1 CARTAS TOPOGRÁFICAS

O mapeamento do sistema de drenagem dá-nos o traçado e a profundidade da rede de drenagem. Justapondo com as características locais, é possível apontar os locais, que devido à sua localização e envolvente, são mais solicitados e propícios a eventuais infiltrações.

O recurso unicamente a cartas topográficas e militares poderá ser falaciosa, caso se verifique a desatualização dos mapas. Atualmente, as entidades gestoras têm recorrido aos sistemas de informação geográfica (SIG) para obtenção de dados geográficos.

Neste âmbito, apresentam-se os cinco focos propícios à infiltração, função da topografia da bacia de drenagem (Coelho, 2013):

- Pontos baixos – são pontos críticos da rede, obriga a bombagem do esgoto para prosseguir para jusante, aumenta a sedimentação, maior profundidade dos coletores, questões sanitárias e estruturas em causa;
- Locais planos – a inexistência de declive à superfície, origina a acumulação de água, aquando dos fenómenos de pluviosidade, e consequente acréscimo de infiltração;
- Locais próximos de estradas com maior tráfego – o rolamento de muitas e pesas cargas, leva ao assentamento, podendo provocar rotura nas juntas de ligação dos coletores;
- Locais com maior proximidade ao nível freático – um coletor estando abaixo do nível freático do solo sujeita-se a uma maior pressão hidrostática, como a água tende a orientar-se por linhas preferenciais a infiltração indireta será maior;
- Locais com maior vegetação – as raízes são a causa de fissuras na tubagem conduzindo a consequente presença de infiltração.

3.11.2 ESTADO DE CONSERVAÇÃO

O estado da rede é uma das condições fundamentais para o correto desempenho da infraestrutura sanitária (Coelho, 2013):

- Material – a idade e qualidade da tubagem empregue são preponderantes;
- Equipamento – o bom funcionamento dos equipamentos é essencial para a operacionalidade e gestão dos sistemas de drenagem urbana;
- Anomalias registadas – o cadastro da rede, se analisado com atenção, pode levar a identificar seções problemáticas e naturalmente fonte de infiltrações.

3.11.3 CRUZAMENTOS DE REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESÍDUAS COM ÁGUAS PLUVIAIS

É muito provavelmente o maior contribuidor de águas parasitas para a rede de drenagem de águas residuais. Os sistemas separativos são utópicos, é irreal admitir uma bacia de drenagem de águas residuais 100% separativa. Logo, o termo, pseudo-separativas, é mais adequado para caracterizar tais redes. Se uma ligação errónea de um sumidouro, ou sarjeta, é problemática na associação com eventos pluviométricos, um cruzamento de redes é uma desgraça (Coelho, 2013).

3.11.4 ELEMENTOS VULNERÁVEIS

Estes elementos vulneráveis são peças importantes da infraestrutura de saneamento. Consequência da sua função no sistema, estes elementos são muitas vezes fontes de infiltrações.

- Ramais domiciliários – a fraca qualidade na sua construção e por estarem muito à superfície, são propícios a fendas e fissuras na sua tubagem, além das ligações de juntas frágeis;
- Juntas de ligação – a dificuldade de trabalhar em vala, execução ligeira e apressada, fraca fiscalização, são fatores para juntas mal executadas e foco de infiltrações indiretas;
- Caixas de Visita – degradação e declive reduzido levam a eventuais infiltrações diretas.

3.12 CUSTOS ASSOCIADOS À OCORRÊNCIA DE INFILTRAÇÕES

A afluência indevida de águas parasitas, no saneamento de águas residuais urbanas, não só acarreta impactos prejudiciais, já elencados, mas também, custos financeiros. Esses custos são a face visível do problema da infiltração, muito mais que os volumes afluídos à rede. Na realidade, o que pesa na gestão destes sistemas é o balanço financeiro e não o balanço hídrico, apesar de estarem diretamente interligados.

Os custos associados às infiltrações podem ser divididos em (Amorim, 2007):

- Custos Operacionais;
- Custos de Manutenção;
- Custos de Investimento.

Excluem-se outros, como a mão-de-obra ou de equipamento, porque não são diretamente influenciados pelo acréscimo de volume afluente, estando já incluídos no custo de vida útil da rede.

3.12.1 CUSTOS OPERACIONAIS

Nos custos operacionais incluem-se os encargos monetários inerentes ao desempenho inerentes às atividades regulares do sistema. O seu foco primordial localiza-se nas estações elevatórias e nas estações de tratamento de águas residuais, porque são nesses equipamentos onde se assistem aos encargos em eletricidade, produtos químicos, entre outros:

O aumento de volume de água implica maiores encargos financeiros em:

- Bombagem;
- Tratamento do efluente.

Não se pode excluir este tipo de encargos da avaliação global do custo de vida útil da rede, por se tratar de parâmetros associados ao desempenho do sistema.

3.12.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Neste valor estão anexados todos os encargos associados à ocorrência de infiltração devido à necessidade de reparação, substituição e/ou renovação de material ou equipamento e limpeza da rede de drenagem. Obviamente estes custos são de difícil quantificação e de se coligar a sua causa-efeito.

3.12.3 CUSTOS DE INVESTIMENTO

A iniciativa de minimizar os custos totais, inerentes à afluência indevida, conduz, numa primeira fase, a estudos, medições e deteção das fontes de infiltração. Para numa fase posterior reabilitar o foco de infiltração da infraestrutura. O preço a pagar pelas etapas, destas duas fases, incluem-se nos custos de investimento. As etapas mais importantes são:

- Estudos de Investigação;
- Modelação das redes de drenagem;

- Detecção das fontes de infiltração, através de elementos vídeo e vistorias aos elementos menos estanques da rede, como as caixas de visita;
- Elaboração de vistorias no sentido de detetar ligações pluviais indevidas;
- Substituição das redes de drenagem.

A procura de reduzir a infiltração tem de visar o retorno do investimento. É necessário encontrar o ponto de equilíbrio, no qual a diferença entre o custo de investimento associado à redução da percentagem de infiltração e o lucro na gestão devido a essa redução é nulo. Tratando-se de uma análise da viabilidade económica das intervenções (Batman *et al.*, 2012).

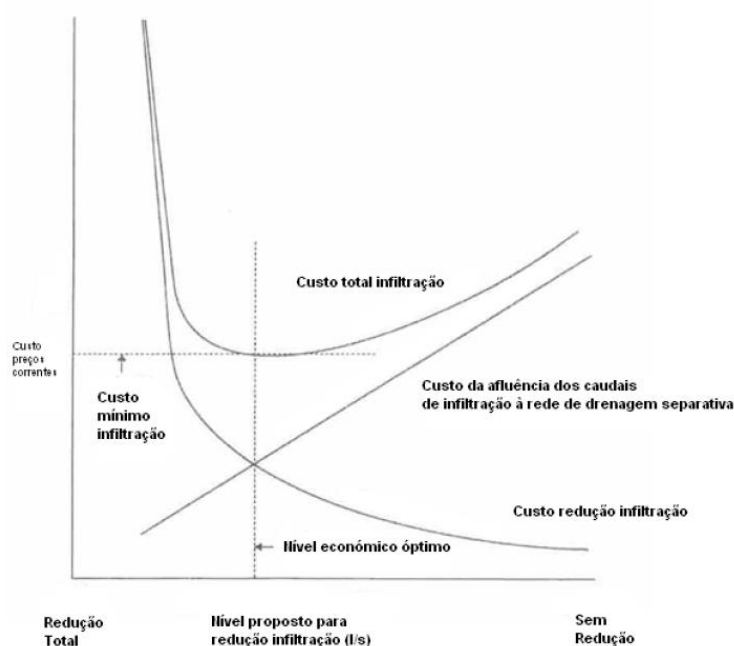


Figura 3.6 Ponto ótimo (Amorim, 2007)

3.13 CONTROLO DA INFILTRAÇÃO

Em certos casos, a ocorrência de infiltração é evidente detetável. No entanto, em geral, a ocorrência da infiltração não é uniforme ao longo do sistema, pelo que, é necessário proceder à localização das zonas mais críticas. Existem diferentes métodos possíveis, mas, normalmente, a redução/controlo dos caudais de infiltração envolve várias tarefas, como sejam:

- Quantificação dos caudais de infiltração e deteção de zonas prioritárias;
- Identificação das principais causas e dos elementos estruturais críticos;
- Seleção das tecnologias apropriadas a cada patologia;
- Reabilitação dos troços, de acordo com as prioridades definidas.

4 CARATERIZAÇÃO DA REGIÃO DO CASO DE ESTUDO

4.1 INTRODUÇÃO

Antes de proceder ao estudo da bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses, foco desta tese de dissertação, é imprescindível caracterizar a zona. Este capítulo procura esmiuçar toda a informação sobre a área da bacia e da região envolvente. Visando, posteriormente, ao analisar-se a rede de drenagem, já se ter assimilado todas as características e particularidades deste território.

4.2 VIANA DO CASTELO

A bacia de drenagem de águas residuais de Lanhesses insere-se no distrito de Viana de Castelo. Esta capital de distrito encontra-se inserida na sub-região Minho Lima, estando delimitada, grosso modo, entre o rio Minho, com foz em Caminha e o rio Lima, com foz em Viana do Castelo. Delimitada a norte, com Espanha, a sul, com o Cávado e a oeste, com o Oceano Atlântico. Sendo uma NUT III da região Norte (Pacto de Autarcas, 2011).



Figura 4.1 Contextualização geográfica do concelho de Viana do Castelo

Situada na região do Alto Minho, o **concelho de Viana do Castelo** é caracterizado pelas suas aldeias pitorescas, cumes altivos e paisagens verdejantes. Encerrando, do ponto de vista cénico, três vistas diferentes, a costeira, a ribeirinha e a montanhosa. A região foi densamente povoada em tempos pré-históricos e proto-históricos, sendo muitos os testemunhos ainda existentes desses remotos antepassados. Foi-o, igualmente, durante a ocupação romana. Na Ribeira Lima, denominação dada a esta região, se ergueram na idade média, e nos séculos seguintes, conventos, solares, igrejas e palácios, que ainda hoje, constituem motivo de visita e admiração.

Tem uma linha de costa de aproximadamente 24 Km e uma área territorial de 318,6 km². A sua sede de concelho é a cidade de Viana do Castelo, que dista, aproximadamente por estrada, 76 Km do Porto, 390 Km de Lisboa e 95 Km de Vigo. Tem uma população residente de 88725 habitantes (censos 2011). Em 2009, estavam em funcionamento cerca de 9225 empresas, correspondendo a 39% do tecido empresarial do distrito.

Viana do Castelo é um concelho rico e diverso em termos ambientais, paisagísticos, patrimoniais, culturais e gastronómicos que, pelas suas características e especificidades, se demarca dos demais.

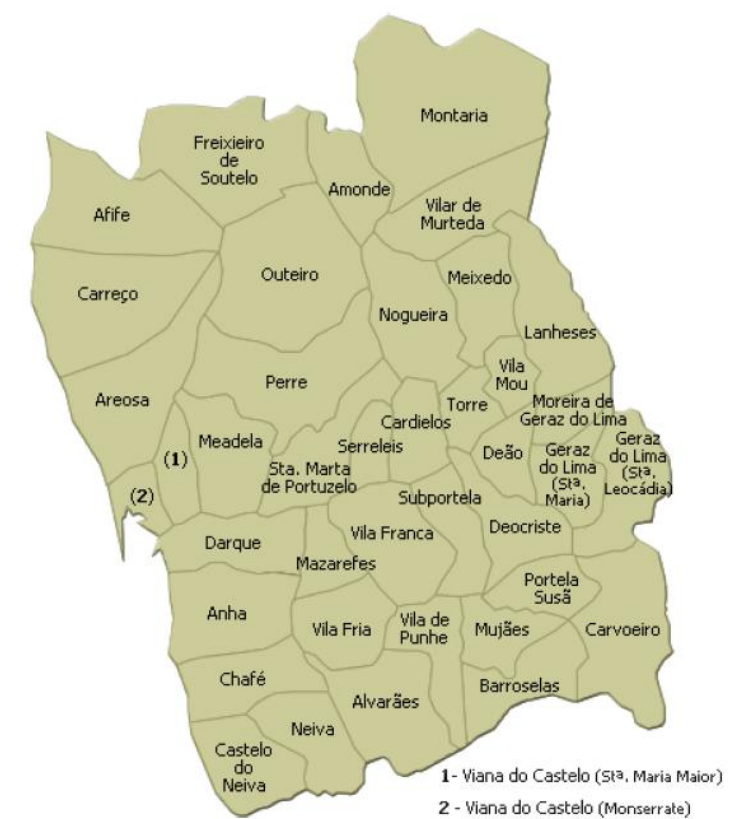


Figura 4.2 Mapa do concelho de Viana do Castelo (antigo)

Do ponto de vista administrativo, até 2011, o concelho era constituído pelo agrupamento de 40 freguesias como ilustra a figura 4.2, sendo a maior Montaria, com 26,09 Km², e a mais pequena Viana do Castelo (Monserate), com 2,07 km².

Devido à Lei n.º 11-A/2013 de 28 de Janeiro, em 2012 assistiu-se a uma reorganização das freguesias, na qual 13 freguesias foram integradas. Assim, no território de Viana do Castelo, as novas uniões de freguesias encontram-se organizadas da seguinte forma:

Quadro 4.1 Caracterização das freguesias do concelho de Viana do Castelo

| Agregação de Freguesias no Concelho de Viana do Castelo (2012). União de Freguesia: | Habitantes (n.º) | Área (km2) |
|--|-----------------------------|-----------------------|
| Sta. Maria Maior, Monserrate e Meadela | 25.282 | 11,86 |
| Torre e Vila Mou | 2.879 | 7,82 |
| Deão, Geraz do Lima (Sta. Maria), Geraz do Lima (Sta. Leocádia) e Moreira de Geraz do Lima | 3.302 | 19,18 |
| Cardielos e Serreleis | 2.297 | 7,01 |
| Barroselas e Carvoeiro | 5.011 | 19,39 |
| Portela Susã, Subportela e Deocriste | 2.535 | 15,77 |
| Mazarefes e Vila Fria | 1.901 | 10,05 |
| Nogueira, Vilar de Murteda e Meixedo | 1.579 | 21,94 |



Figura 4.3 Mapa do concelho de Viana do Castelo (atual)

4.2.1 GEOMORFOLOGIA

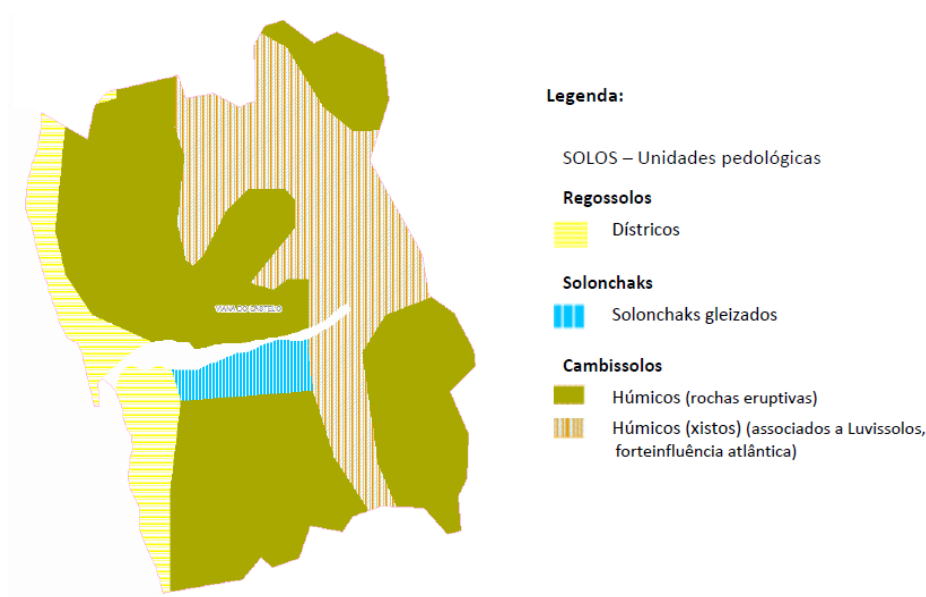


Figura 4.4 Carta de solos de Viana do Castelo (Pacto de Autarcas, 2011)

Geologicamente neste concelho é notório o predomínio dos Cambissolos, solo xistoso. Porém, em toda a faixa litoral, e consequência da forte erosão costeira, reconhece-se a presença de Regossolos. Cita-se ainda, a presença de solos pertencentes ao grupo dos solenchaks, na margem esquerda do rio Lima, como testemunha a figura 4.4. Esta classificação segue a Base de Referência Mundial para Recursos de Solos (WRB, *World Reference Base for Soil Resources*), que é a norma internacional taxonómica do sistema de classificação de solos da União Internacional das Ciências do Solo (IUSS, *International Union of Soil Sciences*). Contudo, ainda se refere a grande influência do rio Lima na geomorfologia do solo nas margens e na foz deste rio (Pacto de Autarcas, 2011).

4.2.2 RELEVO

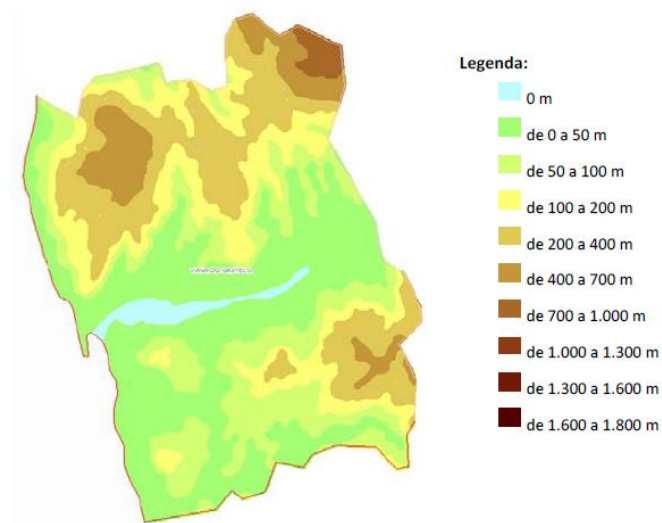


Figura 5 – Carta hipsométrica de Viana do Castelo.

(Fonte: <http://sniamb.apambiente.pt/atlas/>)

Figura 4.5 Carta hipsométrica de Viana do Castelo (Fonte: <http://sniamb.apambiente.pt/atlas/>)

Do ponto de vista morfológico salienta-se o vale do rio Lima, que divide a região quase diagonalmente. Com um vale largo e aberto, próximo do perfil de equilíbrio e inclinação muito reduzida. A sua planície é inundável nas cheias, transformando o rio, serpenteante e meandroso, numa larga toalha líquida entre Ponte de Lima e a foz. Das serras litorais a norte do rio Lima, destacam-se a Serra d'Arga, a noroeste do concelho com 824 m e a Serra de Santa Luzia com 549 m. Sendo serras de relevos em granito, separados por bandas de xistos, com declives pronunciados nas encostas, coroadas por superfícies antigas aplanadas (Pacto de Autarcas, 2011).

4.2.3 OCUPAÇÃO DO SOLO

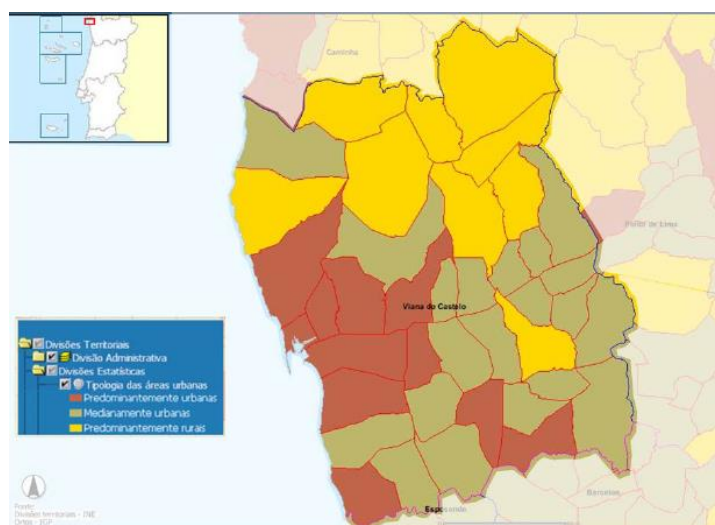


Figura 4.6 Tipologia das áreas urbanas (Pacto de Autarcas, 2011)

Este concelho é maioritariamente e medianamente rural. As exceções, áreas predominantemente urbanas, encontram-se na foz do rio Lima e nas margens do rio Cavado. Nas áreas rurais, quer medianamente, quer predominantemente, caracterizam-se por propriedades isoladas. Não havendo densificação habitacional na maioria do concelho.

4.2.4 INDÚSTRIA

No que concerne ao tecido empresarial vianense, o concelho detém, desde há muito, uma importante componente empresarial, sendo notória a aposta no aumento da sua atratividade empresarial e industrial. Presentemente existem quatro zonas ou parques empresariais em Viana do Castelo - Parque Empresarial da Praia Norte; Parque Empresarial da Meadela; Parque Industrial de Lanheses e Zona Industrial do Neiva - nos quais se encontram sedeadas algumas das empresas existentes no concelho.

4.2.5 ÁGUA

Os últimos registos disponíveis sobre o sistema de abastecimento de água mostram que cerca de 98% da população do concelho já se encontra fornecida pela rede pública de água. Na drenagem de águas residuais, a percentagem de população servida desce para os 70%. A água tratada para abastecimento, no município, registou um valor de 3105 m³. Relativamente, à qualidade da água canalizada, em 2011, obteve um valor quantitativo de 99,92%.

4.3 PRECIPITAÇÃO

Apesar do sistema nacional de informação de recursos hídricos, SNIRH, responsável pelo registo de precipitação estar desativado há alguns anos e da ETAR de Lanheses não estar equipada com um pluviómetro, foi possível recolher dados da precipitação local.

Através do INE e da PORDATA foi possível obter registos de precipitação anuais em Viana do Castelo. Mas esses dados não condiziam, o que levou a procurar mais aprofundadamente.

O Centro de Monitorização e Interpretação Ambiental de Viana do Castelo disponibiliza dados obtidos da sua Estação Meteorológica instalada no seu edifício, que permitiu a construção do seguinte quadro de precipitação em Viana do Castelo.

Quadro 4.2 Precipitação mensal em Viana do Castelo

| Precipitação em Viana do Castelo (mm) | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Mês | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| janeiro | 269,6 | 195,4 | 236,6 | 46,6 | 263,6 |
| fevereiro | 80,4 | 150,2 | 151,8 | 3,4 | 77,6 |
| março | 30,8 | 121,4 | 81,0 | 20,2 | 296,8 |
| abril | 117,0 | 62,8 | 49,2 | 102,8 | 83,2 |
| maio | 88,8 | 43,4 | 21,6 | 112,8 | 113,0 |
| junho | 100,4 | 53,6 | 7,8 | 65,6 | 45,4 |
| julho | 0,0 | 3,8 | 3,6 | 6,0 | 5,4 |
| agosto | 20,4 | 5,6 | 41,2 | 101,4 | 2,6 |
| setembro | 11,0 | 18,0 | 22,4 | 43,6 | 101,6 |
| outubro | 174,2 | 347,4 | 215,2 | 148,4 | 275,2 |
| novembro | 274,8 | 230,8 | 203,6 | 115,2 | 72,0 |
| dezembro | 305,2 | 200,8 | 128,6 | 265,2 | 218,2 |
| Total | 1472,6 | 1433,2 | 1162,6 | 1031,2 | 1554,6 |

É de lamentar a inexistência de um pluviómetro na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima. Um equipamento meteorológico é essencial na obtenção de dados para o estudo da região da bacia de drenagem. Visto que um pluviómetro sem fios e com *data logger*, igual ao apresentado na figura 4.7, tem meramente um custo de 121€ (<http://www.scientificsales.com/Rainew-Wireless-Rain-Gauge-p/rainew.htm>)



Figura 4.7 Pluviométrico

O mais aconselhável seria mesmo uma estação meteorologia para avaliar temperatura, vento, pluviosidade e humidade.

4.4 HISTÓRIA DOS SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE SANEAMENTO BÁSICO DE VIANA DO CASTELO

Em Viana do Castelo não existem registos de entidades, com o desígnio de implementar e gerir sistemas de drenagem de águas residuais, anteriores a 1928. Até lá, competia à própria população ter que se ver livre das águas residuais, através de fossas sépticas, ou diretamente para a via pública, ou até mesmo para os cursos de água naturais.

Por isso, em 27 de Junho de 1928, numa reunião camarária, foi deliberada a municipalização dos serviços de águas. Lançando-se as bases para o abastecimento e drenagem de água no município. Em 4 de Julho de 1928, nos termos do Decreto-Lei 13350 de 25 de Março de 1927, foi constituída e nomeada em sessão camarária, a Comissão Administrativa dos Serviços Municipalizados de Viana do Castelo, presidida pelo Capitão Gaspar Malheiro Pereira de Castro (à altura também presidente de câmara), pelo Tenente Jacinto de Magalhães Faria Araújo, como Vice-Presidente e pelo Tenente Alberto Sousa Machado como Secretário (Amorim, 2009).

Em 1932, o sistema de abastecimento de água já contava com cerca de 1423 consumidores de água contratualizados com os serviços municipalizados da cidade. No período entre 1930 a 1970, o abastecimento de água foi disseminando-se por toda a área urbana da cidade. O projeto de captação de água do Rio Lima, em Bertandós, é concluído em 1984, e em 1985 é concluída a captação de Barroselas, no Rio Neiva (Amorim, 2009).

Só a 1971 foi deliberada a municipalização do saneamento básico. Mesmo assim foi preciso chegar ao final da década de 80, para haver realmente investimento neste setor, muito por força dos fundos comunitários.

Da denominação inicial de Serviços Municipalizados de Viana do Castelo, passou, em 1991 à designação atual de Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, SMSBVC. Nesse mesmo ano são englobados nos SMSBVC os serviços de recolha, depósito e tratamento de resíduos sólidos domésticos, tal como a higiene e limpeza urbana.

É necessário chegar à transição de século para entrar em funcionamento uma estação de tratamento de águas residuais para tratar da água drenada da cidade de Viana do Castelo. A 31 de Maio de 1999 marca esse início no sistema de saneamento da Orla Litoral Norte.

Em 2000, as Águas de Portugal e os municípios da região criam a empresa Águas do Minho e Lima, S.A., atualmente englobada nas Águas do Noroeste. Tendo a responsabilidade de construir, explorar e gerir o sistema multimunicipal em “alta” de abastecimento de água e drenagem de águas residuais.

Presentemente os SMSBVC contam com 39000 consumidores de água, 31000 utilizadores da rede saneamento e recolha diária de resíduos sólidos a 100% da população. Esta história com 83 anos dignifica muito os Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo. Que continuam a laborar, num esforço e desafio constante, impulsionando quotidianamente a qualidade de vida e bem-estar dos vianenses.

4.5 LANHESES

Lanheses, ou Santa Eulália de Lanheses, é uma freguesia do concelho de Viana do Castelo. Todavia já chegou a ser vila, e até sede de concelho entre 1793 e 1835, com a designação de Vila Nova de Lanheses. Atualmente abrange uma área de 10,04 km², com 1645 habitantes (censos 2011), levando a uma densidade populacional de 163,8 hab/km². Segundo dados oficiais do INE, Lanheses tem 739 fogos habitacionais e, segundo a comissão de eleitores, 1.746 eleitores (em 05-06-2011) (Núcleo Executivo do CLAS de Viana do Castelo, 2013).

Está localizada a leste do concelho, na fronteira com o concelho de Ponte de Lima. Junto à margem direita do rio Lima e prolonga-se pelas vertentes elevadas da Serra de Arga. Tem como limites as localidades de Fontão, a este, Vila Mou, a oeste, Meixedo, a norte e o rio Lima, sendo na outra margem a freguesia de Moreira de Geraz do Lima, a sul. Esta zona é conhecida localmente por “Ribeira Lima”.

A freguesia de Lanheses é constituída pelos seguintes lugares: Bacelo, Bajouca, Barreiro, Campêlo, Casal Maior, Corredoura, Cutarelos, Devesa, Feira, Forcada, Granja, Igreja, Lamas, Outeiro, Peitilha, Rocha, Romão, Roupeiras, Santo Antão, Seara, Seixo, Sobral e Taboneira.

Em termos de setores laborais predominantes, existe a agricultura, a pecuária de subsistência, o pequeno comércio e indústria, no Parque Industrial de Lanheses.

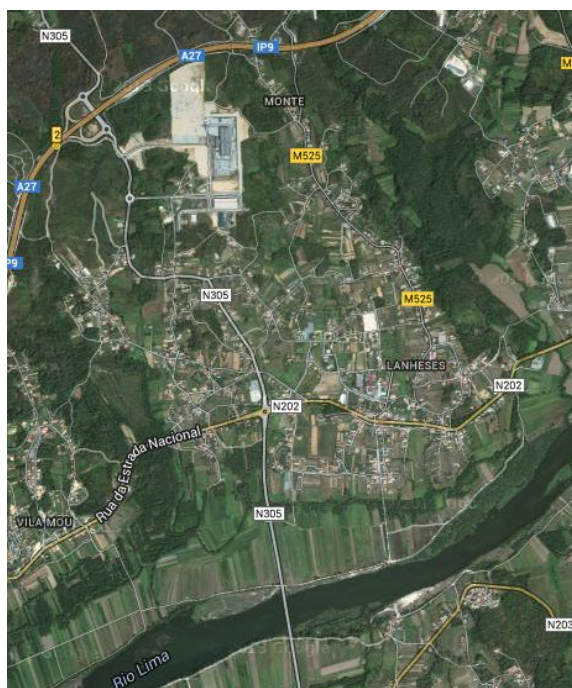


Figura 4.8 Imagem de satélite da Freguesia de Lanheses (google earth)

4.5.1 GEOMORFOLOGIA



Figura 4.9 Carta geológica de Lanheses (Geológicos)

A zona territorial de Lanheses, vista pelo mapa geomorfológico, encontra-se numa faixa xistosa com predominância de Cambissolos, com vestígios de Luvisolos. Porém, focando mais pormenorizadamente a área de Lanheses, identificam-se uma grande influência de aluviões e argilas.

Identificam-se dois distintos afloramentos rochosos nesta zona. A sul da estrada nacional nº 202, a estrada principal na figura na horizontal, reconhecem-se aluviões atuais e solo argiloso, ou seja, depósitos da época do Plistoceno, segundo a escala geológica. A norte dessa mesma estrada, é notória a presença de solo xistoso, mas com uma mancha importante de argila, esta mais antiga do que a anteriormente mencionada, localizada mesmo no centro da freguesia de Lanheses.

Esta geomorfologia é consequência direta da proximidade ao rio Lima, devido à sua hidrodinâmica fluvial. A caracterização destes três tipos solos distintos, encontrados em Lanheses, podem ajudar a explicar o comportamento do subsolo. Atendendo ao facto da rede de drenagem se encontrar nesse mesmo subsolo, pode haver anomalias na rede, consequência da tipologia do solo envolvente.

O aluvião é um depósito de sedimentos muito finos. O seu desenvolvimento está associado às margens de inundação do sistema fluvial, constituído por lamias, silte e argila. Estes depósitos aluvionares, ao serem muito férteis, são muito procurados para a agricultura. Levando a ser um parâmetro importante na fixação de população nessas áreas.

A argila é um solo muito facilmente encontrado nas margens de rios. É uma rocha granular, com grãos de dimensões muito reduzidas. As suas principais características são a sua coerência, a sua

secura e o seu estado plástico quando entra em contacto com a água. A capacidade de absorção de água leva à sua expansão. Quando têm água em excesso ocorre a sua degradação, perdendo a argila e a sua compactação e originando suspensão de partículas. A argila é a principal matéria-prima da indústria cerâmica.

O xisto é uma rocha metamórfica facilmente detetável pela sua forma laminada. É a consequência do metamorfismo da argila, devido ao aumento de pressão e temperatura.

4.5.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO E DRENAGEM EM LANHESES

Quadro 4.3 Evolução do número de clientes dos SMSBVC, dados fornecidos pelos SMSBVC

| Ano | AA+AR | AR | AA | Total AA |
|-------------|----------|----|-----|----------|
| | Clientes | | | |
| 2009 | 367 | 3 | 330 | 697 |
| 2010 | 378 | 4 | 275 | 653 |
| 2011 | 384 | 4 | 342 | 726 |
| 2012 | 390 | 3 | 340 | 730 |
| 2013 | 382 | 2 | 349 | 731 |

Sendo,

AA – Abastecimento de Água

AR – Águas Residuais

Antes de encetar a análise da rede de drenagem de águas residuais de Lanheses há que enquadrar o sistema de águas residuais, mas também o de abastecimento.

Só a partir de 2006 é que a população de Lanheses teve rede de drenagem de águas residuais a que se ligar. Anteriormente, as águas residuais domésticas eram encaminhadas para fossas sépticas, que eram posteriormente coletadas pelos SMSBVC, ou eram rejeitadas diretamente para o exterior das propriedades, rio Lima, campos, cursos de água menores, eram os destinos das descargas destas águas poluídas.

A independência da população em relação ao sistema de drenagem de águas residuais, também se verifica no abastecimento de água. Captações próprias, como furos ou poços, são muito comuns nas propriedades privadas. Nesta zona, há água subterrânea em quantidade e com qualidade, uma vez que se localiza nas margens do rio Lima. Esta autonomia da população acarreta consequências para a entidade gestora, porque quando se implementam redes públicas de drenagem e de abastecimento de água não há uma adesão maciça. Como cada caso é um caso, a entidade gestora tem de lidar com uma grande disparidade de contratos de prestação de serviço. Consoante a necessidade ou interesse do cliente, leva a haver contratos de abastecimento e drenagem, só abastecimento ou só drenagem.

Admitindo que cada cliente corresponde a um fogo habitacional, havendo 739 fogos habitacionais (censos 2011), pode-se assumir haver um universo de 739 possíveis contratos. Se existem 731 clientes com abastecimento de água pública e 384 clientes com ligação à rede de drenagem pública,

conclui-se que a cobertura e adesão do abastecimento já está praticamente concluída, mas as ligações ao saneamento ainda está a meio termo.

Esta discrepância no número de clientes deve-se à área de cobertura da rede e sua antiguidade. Também há a assinalar que a aderência à água da rede não é diretamente proporcional ao seu consumo. A conveniência de estar abastecimento é notória, devido à utilização de máquinas, como de lavar a roupa, a loiça ou mesmo cilindros e esquentadores. Pois, para regadio, lavagem de exteriores, é mais vantajoso usar água de captações próprias, como furos e poços.

4.6 BACIA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DE LANHESES

A bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses é uma rede recente, do tipo separativo. Entrou em funcionamento a julho de 2006. Segundo a entidade gestora do sistema, os SMSBVC, na construção da rede foram utilizados materiais de qualidade e técnicas construtivas modernas. A tubagem utilizada foi toda em PEAD e as juntas realizadas com cuidado. Com vista a averiguar possíveis ligações erróneas nos ramais domiciliários, tubos de queda ou de drenagem de caves, foram realizados testes de fumo para apurar possíveis erros. Antes da sua entrada em operacionalidade, foram efetuados testes de estanquidade e CCTV em toda a sua extensão. Além da fiscalização *in loco* da construção da rede por parte da entidade gestora.

Admitindo todo o cuidado, na construção, na fiscalização da obra e nos testes realizados, pode-se afirmar que, aquando da entrada em operacionalidade deste sistema, ele tinha todas as valências contra infiltrações de águas parasitas. Obviamente, a estanquidade de afluências indevidas é impossível de concretizar na sua plenitude.

Comparativamente ao abastecimento público de água, que já abrange quase a totalidade da população de Lanheses, o saneamento básico não cobre toda a sua área habitacional da freguesia. Ainda com uma taxa de cobertura inferior encontra-se a rede de drenagem de águas pluviais. Esta, só está implantada no centro da freguesia, onde se situa a zona com maior densidade populacional.



Figura 4.10 Ensaio de estanquidade à rede (SMSBVC)

Quadro 4.4 Dados do sistema (SMSBVC)

| Sistema de drenagem de águas residuais da bacia de Lanheses | | |
|---|--|------|
| | Rede (Km) | 14,6 |
| Consumidores | Total | 512 |
| | Efetivamente ligados | 386 |
| | Ramais (nº) | 497 |
| | Estações Elevatórias | 1 |
| | Caixas de Visita (nº) | 327 |
| | População Coberta | 1270 |
| | População Efetivamente Servida | 694 |
| | Fogos Efetivamente Servidos / ligados | 386 |
| | Fogos Cobertos | 571 |

Os SMSBVC têm uma boa base de dados das infraestruturas que gerem. Desse cadastro, atualizado periodicamente em SIG, da bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses, retirou-se em maio, os dados relativos a esse subsistema. O quadro acima apresenta toda a informação relativamente à bacia de Lanheses.

Apesar de se contabilizar uma estação elevatória, esta não pertence aos SMSBVC, mas sim às Águas do Noroeste. Aqui começa a contenda neste sistema, porque se em “baixa”, i.e. até à EE, são os SMSBVC a entidade gestora, a partir da EE, em “alta”, são as Águas do Noroeste a entidade gestora. Num sistema tão pequeno, esta dualidade de entidades cria muitos entraves.

Além de pequena, esta rede cobre pouca população, 1270 habitantes é notoriamente reduzido. Disso são exemplo os 34 ramais domiciliários por quilómetro de rede, neste sistema.

4.6.1 ANÁLISE DAS TAXAS DE ADESÃO E COBERTURA DA REDE

Quadro 4.5 Taxas segundo a população

| População | | |
|--------------------|------|------|
| Servida | 694 | 42% |
| Coberta | 1270 | 77% |
| Não Coberta | 375 | 23% |
| Total | 1645 | 100% |

Estando numa freguesia com 1645 habitantes, esta bacia de drenagem não cobre 23% desses habitantes. Contudo, dos 77% que têm a possibilidade de estarem conectados com o sistema de águas residuais, somente metade é que efetivamente se ligou. Isto é, se a taxa de disponibilidade é pouco mais de 3/4, um valor bom para este tipo de região, já a taxa de adesão é muito fraca, porque meramente 1/2 é que se ligou ao sistema.

Estes resultados, de disponibilidade e adesão ao sistema, por parte da população, podem ser mal interpretados se não se atender à evolução temporal de adesão, ao correspondente número de clientes e ao número de fogos.

Quadro 4.6 Evolução dos clientes de drenagem de água residuais

| Ano | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 (maio) |
|------------------------|------|------|------|------|------|----------------|
| Clientes com AR | 370 | 382 | 388 | 393 | 384 | 386 |

Verifica-se uma notória estabilização no número de clientes desde 2009. Atendendo a que o sistema entrou em funcionamento em 2006, que em 2009 registaram-se 370 contratos e que em 2014 passaram a 386. Conclui-se que, entre 2006 e 2009, foi o período de maior adesão ao sistema e que desde então houve uma persistência na variação.

Desconhece-se o porquê da diminuição de 9 clientes, caso único, de 2012 para 2013. Mas atendendo à constância na população de Lanheses, pode-se responsabilizar a crise, vivida em Portugal, por esse fenómeno.

Quadro 4.7 Taxas segundo Consumidores

| Consumidores (maio 2014) | | |
|--------------------------|-----|------|
| Ligados | 386 | 75% |
| Não Ligados | 126 | 25% |
| Totais | 512 | 100% |

Da totalidade de consumidores/clientes da bacia de drenagem, $\frac{3}{4}$ já estão contratualizados com os SMSBVC, contudo $\frac{1}{4}$ ainda não se fidelizou.

Quadro 4.8 Taxas segundo os Fogos Habitacionais

| Fogos | | |
|---------------------|-----|------|
| Ligados | 386 | 52% |
| Cobertos | 571 | 77% |
| Não Cobertos | 168 | 23% |
| Totais | 739 | 100% |

Em termos de fogos, verifica-se que metade, do total de fogos da bacia, está ligada. Embora 77% estejam cobertos, há 185 que podiam estar, mas por opção própria não estão conectados com o sistema. Tal como se afere em população e consumidores/clientes, mantem-se a relação de $\frac{3}{4}$ fogos cobertos e $\frac{1}{4}$ de fogos não cobertos.

Apesar de todos os esforços da entidade gestora, na disponibilização do serviço e das entidades locais, Junta de Freguesia e Câmara Municipal, no incentivo à ligação ao sistema de drenagem de águas residuais, mesmo assim não foi suficiente para cativar totalmente os consumidores. Esta dificuldade em elevar a taxa de adesão, a níveis próximos dos 100%, deve-se à independência de rejeição de águas residuais e ao custo associado à contratualização dos serviços. Encontrando-se num meio rural, existe independência de rejeição de águas residuais domésticas, muitas habitações têm fossas sépticas, ou não tendo, encaminham o esgoto diretamente para o curso de água mais perto. Em relação aos custos, na perspetiva da população são um encargo elevado. Atendendo ao serviço que é, às outras possibilidades de rejeição do esgoto e estando em meio rural, estar ligado é caro para as pessoas.

Ambicionar a plenitude de cobertura do sistema de drenagem de águas residuais, na freguesia de Lanheses, ou noutra localidade análoga, é uma utopia. É impossível abranger todas as habitações, muitas delas, devido a estarem em locais mais baixos em relação à rede ou por estarem muito distanciadas da rede, é preferível não estarem abrangidas pela bacia de drenagem do sistema.

Contudo, almejar níveis plenos de adesão deve ser um desígnio da entidade gestora. Se existe a possibilidade de um fogo estar ligado ao sistema, tem de haver o propósito dessa ligação se concretizar. No caso de Lanheses, 25% dos fogos podiam estar, mas não estão, correspondendo a 951 em 1645 habitantes.

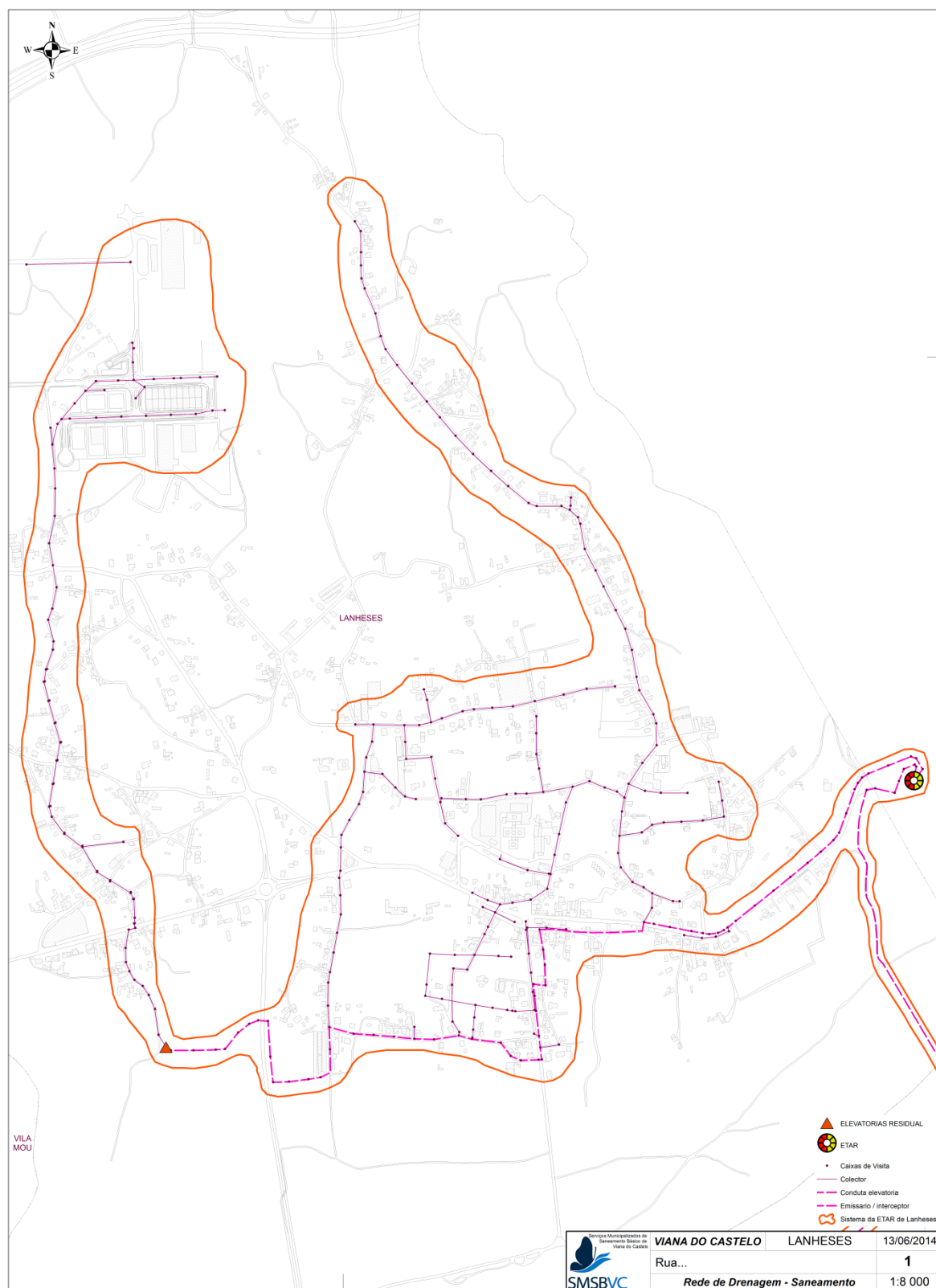


Figura 4.11 Mapa da bacia e rede de drenagem de águas residuais de Lanheses

A bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses é um subsistema do sistema global de drenagem de águas residuais, gerido pelos SMSBVC, do concelho de Viana do Castelo. Esta rede de Lanheses encaminha todo o esgoto para o ponto vermelho da figura 4.12, correspondem-te à localização da estação elevatória. Todavia, esta EE é gerida, e propriedade, das Águas do Noroeste. Também há a referir que, a partir da EE, a entidade gestora responsável pela drenagem das águas residuais, passa a ser as Águas do Noroeste. O esgoto é bombado até ao ponto a verde, onde se encontra uma caixa de dissipação de energia, com ventilação. A jusante daí o escoamento dá-se em gravidade. Até à EE é responsabilidade dos SMSBVC, a ETAR, assim como, entre a EE e a caixa de dissipação de energia é das Águas do Noroeste. Todavia, no troço entre o ponto verde e a ETAR existe mistura na gestão da rede. Chegando ao extraordinário caso de redes paralelas, de diferentes entidades gestoras, como demonstra a figura 4.13.

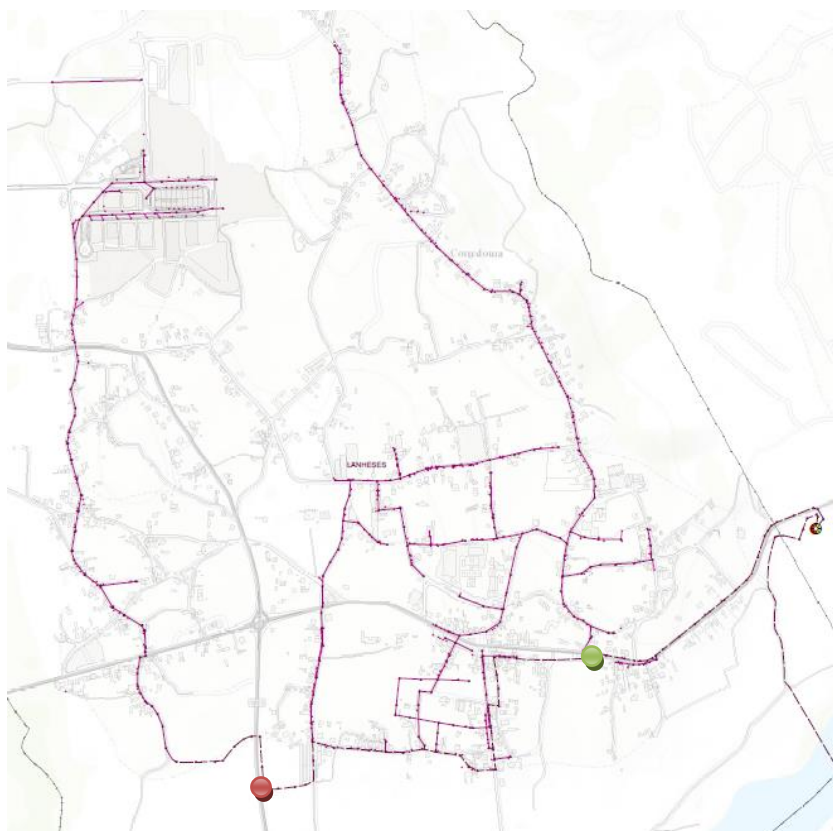


Figura 4.12 Rede de drenagem de águas residuais de Lanheses



Figura 4.13 Redes paralelas de entidades gestoras diferentes

4.6.2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO SISTEMA

A estação elevatória, propriedade da Águas do Noroeste, tem como incumbência bombear quase todo o esgoto recolhido pela rede de drenagem de águas residuais de Lanheses. Como já foi mencionado, as águas residuais são elevadas até à estrada nacional, sendo amortecidas por uma caixa de dissipação de energia. Visando, a jusante deste, o escoamento dar-se por gravidade, havendo ainda nova recolha de mais efluente, oriundo de uma rede paralela dos SMSBVC.

Obviamente, este equipamento de bombagem encontra-se num ponto baixo. Essa localização conduz a vários problemas. Por se encontrar numa zona plana e tão perto do rio Lima, está condicionado ao escoamento do rio. Se, nos períodos chuvosos os terrenos adjacentes convertem-se em pântanos, nos períodos de cheias a EE torna-se inacessível, porque fica literalmente alagada.

A opção tomada na sua construção passou por um edifício de 3 andares. No superior situam-se os equipamentos eletrónicos e as bombas, no piso inferior é o poço para armazenar as águas residuais e no piso térreo encontram-se os visores dos *dataloggers* e os contentores para recolherem os detritos sólidos. A sua porta de acesso é blindada, para minimizar infiltrações quando a EE fica submersa. Conjuntamente, toda a sua estrutura é em betão armado, visando a melhor estanquidade possível do edifício.

As fontes de aflúências à EE são duas, uma a norte e outra a este. Depois de bombado, o esgoto vai por coletores paralelos à rede de este, que o encaminha para a ETAR de Lanheses/Geraz do Lima.



Figura 4.14 Estação elevatória da rede

4.6.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE LANHESES/GERAZ DO LIMA

A estação de tratamento de Lanheses/Geraz do Lima entrou em funcionamento no ano de 2006. Localiza-se na freguesia do Fontão, no concelho de Ponte de Lima. Esta instalação de tratamento de águas residuais é gerida pela Águas do Noroeste, e é o destino final de todo o esgoto coletado na bacia de drenagem de Lanheses. Contudo, existem outras proveniências de águas septicas a esta instalação, além da bacia de Lanheses.

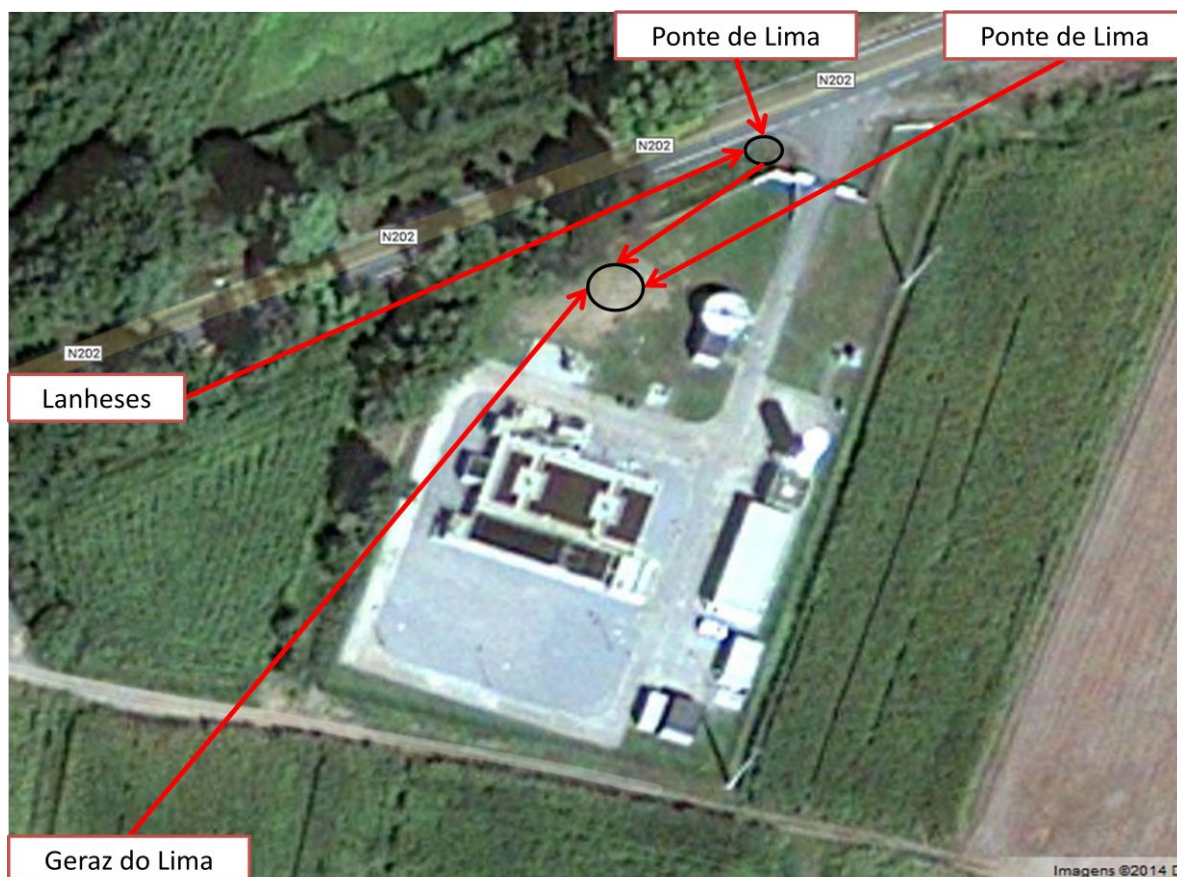


Figura 4.15 Proveniências de esgoto à ETAR Lanheses/Geraz do Lima

Convergem à ETAR emissários de: Geraz do Lima, oriundo da outra margem do rio Lima, de Ponte de Lima, e uma outra que resulta do cruzamento da rede de Lanheses com uma rede menor de Ponte de Lima.

Este emaranhado de procedências de caudal dificulta a análise do caudal afluído à ETAR. Na quantificação do volume chegado, somente o natural de Lanheses é medido por caudalímetro antes de cruzar com a rede menor de Ponte de Lima, como mostra a figura 4.15. As afluições de Geraz do Lima e da rede de Ponte de Lima são quantificadas nas respetivas estações elevatórias, responsáveis pela elevação das águas residuais até à ETAR. Sobre a rede menor de Ponte de Lima, não foi possível conhecer o modo utilizado pela entidade gestora para quantificar o seu volume.

Além de acolher o esgoto destas quadro redes de drenagem de águas residuais, a ETAR também recebe as águas de fossas sépticas ainda ativas na região.

O caudalímetro, com a função de medir o caudal originário de Lanheses, é, à data, um cadalímetro fixo, em superfície livre, eletromagnético/ultrassónico. Basicamente, na secção a montante da junção com a outra rede, está instada uma calha no coletor, moldando assim o perímetro molhado,

juntamente com a altura de água medida, pelo ultrassónico no topo da tubagem, é possível quantificar o caudal escoado. Essa informação é transportada para um *datalogger* instalado na entrada na ETAR.

Infelizmente, este equipamento não permite medir o caudal mínimo noturno, tal, seria uma mais-valia na quantificação das infiltrações indiretas. Também não funciona caso o coletor esteja em carga.

Os medidores de caudal de águas residuais são equipamentos ainda pouco desenvolvidos.

Segundos os SMSBVC, esta infraestrutura de tratamento de águas residuais tem uma capacidade de 9546 habitantes equivalente e um caudal de ponta de 78 m³/h. O seu tratamento do tipo secundário apresenta uma carência bioquímica de oxigénio de 343 mg/L e sólidos suspensos totais de 514 mg/L.

Depois de tratadas, as águas sépticas têm de ser devolvidas ao meio ambiente, denominado por meio recetor. As águas que afluem à ETAR Lanhese/Geraz do Lima, depois de percorrerem o processo de tratamento associado, são rejeitadas na Ribeira de Muragalhos.

5

CASO DE ESTUDO – REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DE LANHESES

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O reconhecimento da problemática das afluições indevidas nas redes de drenagem de águas residuais, desencadeia-se com a consciencialização da entidade gestora, da real magnitude dos caudais excedentários que se introduzem no seu sistema. Conferir, unicamente, a existência de águas parasitas nos coletores de águas residuais, não serve como motor para encetar o combate às infiltrações. É essencial demonstrar, monetariamente, o encargo que tais afluições têm na gestão do sistema.

Antes da segregação entre sistemas em “alta” e sistemas em “baixa”, os volumes excedentes não representavam apreensão às entidades gestoras, porque a gestão processava-se de forma interna. Conduzindo a uma flexibilização na gestão do défice criado pelas afluições indevidas, permitindo que o balanço, entre os proveitos e encargos, fosse ajustável. Mas, quando foram criadas as empresas privadas dos sistemas em “alta”, levou a que todo o volume afluente à estação de tratamento tivesse de ser pago à entidade gestora desse equipamento. Destapando as deficiências das redes de saneamento e incrementando os custos dos sistemas em “baixa”.

No capítulo anterior, elencaram-se as características locais mais relevantes na operacionalidade da rede de drenagem de águas residuais. Precipitação, ocupação do território, geomorfologia, população e particularidades da infraestrutura de saneamento.

Com base nos dados disponibilizados pelos SMSBVC, relativos aos anos entre 2009 e 2013, de consumos faturados de abastecimento de água, consumos faturados de saneamento básico, volumes afluídos à ETAR, juntamente com os dados disponibilizados pelas Águas do Noroeste, relativos ao caudal bombado na EE, foi possível a exploração deste caso de estudo. Sobrepondo com as características locais, de precipitação e tipo solo, pretende-se averiguar a real dimensão das afluições indevidas nesta bacia de drenagem, e avaliar o peso financeiro para a entidade gestora em “baixa”. Elenca-se que este caso de estudo se restringe à bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses.

5.2 QUANTIFICAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

Infelizmente, as infiltrações são um problema impossível de anular. Ainda assim, há que conhecer a sua real dimensão para, caso seja apropriado, proceder-se às intervenções necessárias à sua reparação. O começo da sua perceção passa por um balanço global de volumes.

Num sistema de drenagem de águas residuais só são verdadeiramente medidos, os volumes que afluem à estação de tratamento. Mesmo estes carecem, muitas vezes, de fiabilidade nos seus dados. Visto que, para o escoamento em superfície livre ainda não existem caudalímetros eficientes, além da existência de inúmeras falhas, normais da operacionalidade do sistema.

É o volume de água contabilizado pelo contador, instalado à entrada de todas as propriedades com contrato de abastecimento de água, que determina a quantidade que foi consumida e consequente fatura associada. Contudo, o volume que entra no sistema de saneamento não é medido. É utópico pensar na instalação de caudalímetros em todos os ramais domiciliários, devido à sua fraca fiabilidade, principalmente em caudais reduzidos, e devido ao seu elevado preço de mercado. Porém, no caso de grandes indústrias impera que sejam colocados tais equipamentos.

Os caudais que transpõem os ramais domiciliários podem ser quantificados das seguintes formas: uns são função do volume consumido, anexando uma percentagem de afluência, normalmente 90%, outros são função da tipologia da habitação. Este último é para os cenários de propriedades sem abastecimento de água pública, mas com contrato de drenagem.

Os distintos contratos, realizados com a entidade gestora, são um entrave na correta avaliação dos volumes faturados. Como já foi mencionado, existem três tipos de contratos:

- Abastecimento de água e saneamento de água;
- Somente abastecimento de água;
- Somente saneamento de água.

Nesta bacia o peso dos contratos, unicamente de abastecimento de água, é enorme. Globalmente, estes contratos representam 50% do total de clientes de abastecimento de água. Acarretando que, metade da água consumida nesta área não é encaminhada para o sistema de drenagem. Os contratos “somente saneamento de água” podem-se considerar desprezáveis, porque o seu número é residual. Mesmo assim, serão anexados à análise a efetuar.

O ponto de partida da análise das infiltrações é a quantificação das afluências indevidas pela diferença entre o volume faturado, pela entidade gestora em “baixa”, e o volume medido na ETAR, pela entidade gestora em “alta”. Depois da descrição feita em 4.6, seria de esperar que o volume faturado fosse superior ao afluído à ETAR, porque o número de clientes de abastecimento é o dobro dos de águas residuais.

Não se partiu logo para a comparação entre o volume de saneamento faturado e o volume medido na ETAR, porque o primeiro não é medido, é estimado, e como primeira análise considera-se apropriado a opção tomada.

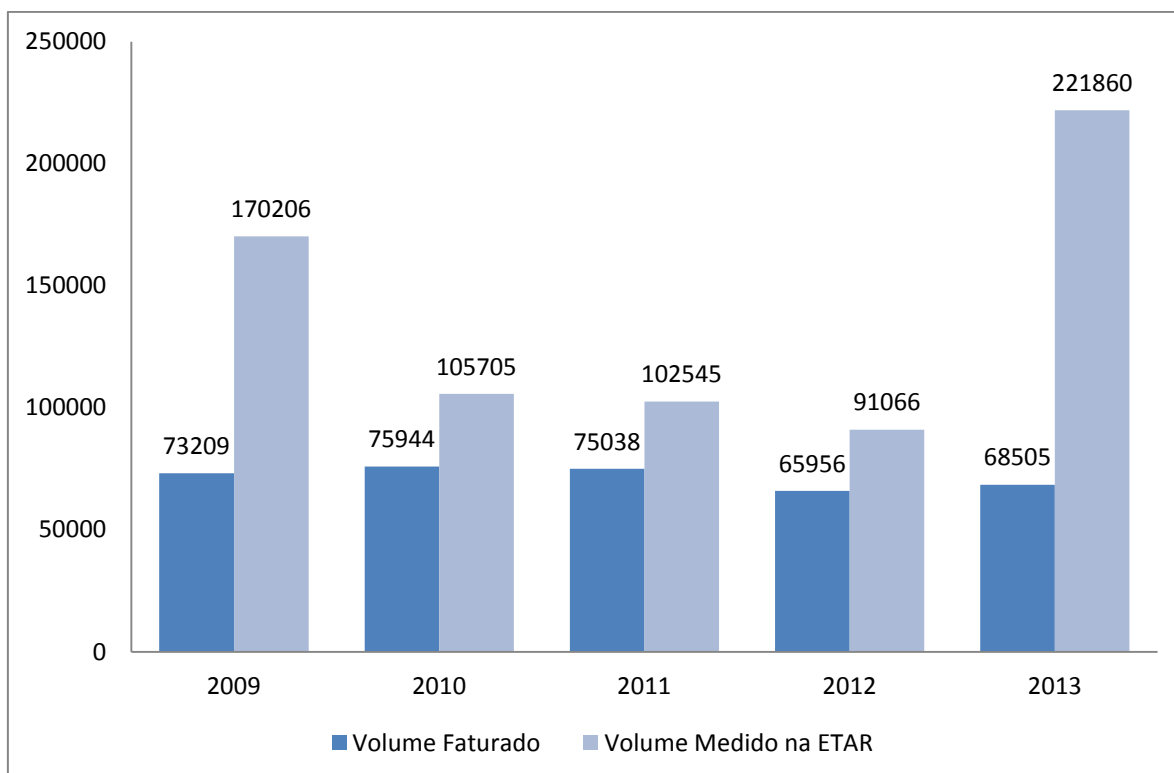


Gráfico 5.1 Volumes anuais medidos na ETAR e faturados dos contratos de abastecimento em m³ (dados disponibilizados pelos SMSBVC)

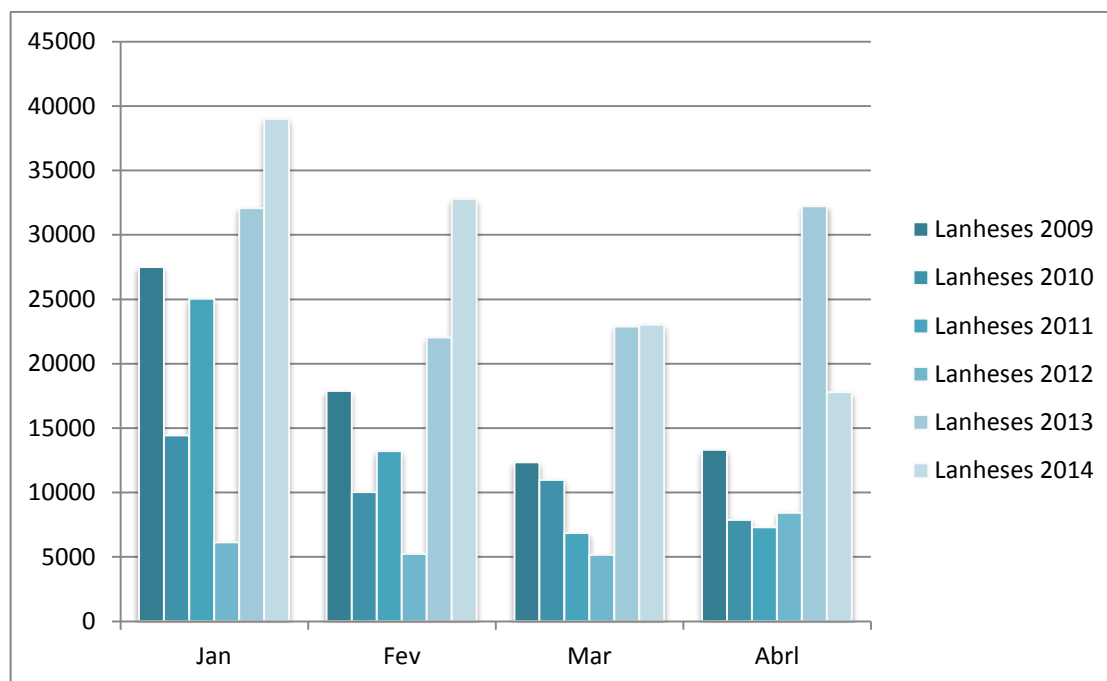
Analisando os dados fornecidos pelos SMSBVC, relativos ao volume que fatura no abastecimento de água e o volume que tem de pagar às Águas do Noroeste, não se verifica o pressuposto assumido anteriormente. É notório o volume excedentário que afluí à ETAR.

Como seria de esperar, o volume de água faturada apresenta uma constância bastante persistente ao longo do período temporal em análise. Contrariamente, o volume medido na ETAR encontrava-se em tendência negativa, aproximando-se dos volumes faturados de abastecimento. Mas, em 2013, essa propensão é totalmente invertida. Poder-se-ia assumir que os valores medidos na ETAR em 2013 estão incorretos. Por essa razão, procurou-se investigar outros parâmetros para validar, ou não, os dados desse ano.

CONFIRMAÇÃO DA VERACIDADE DOS VALORES DE 2013

DADOS DA ETAR EM 2014

Em 2013, comparativamente com o ano anterior, o valor de m³ medidos na estação de tratamento mais que duplicou. Assim, poder-se-ia presumir a existência de alguma anomalia na contabilização do volume afluente à ETAR. Esse não é o caso, porque, com os dados recolhidos referentes aos primeiros meses de 2014, e, comparando com os meses dos anos do período de análise, conclui-se que não se trata de uma anomalia no caudalímetro à entrada da ETAR. Alias, assiste-se a uma maior semelhança entre os valores dos dois últimos anos, comparativamente aos anos antecedentes.

Gráfico 5.2 Volumes mensais afluídos à ETAR em m³

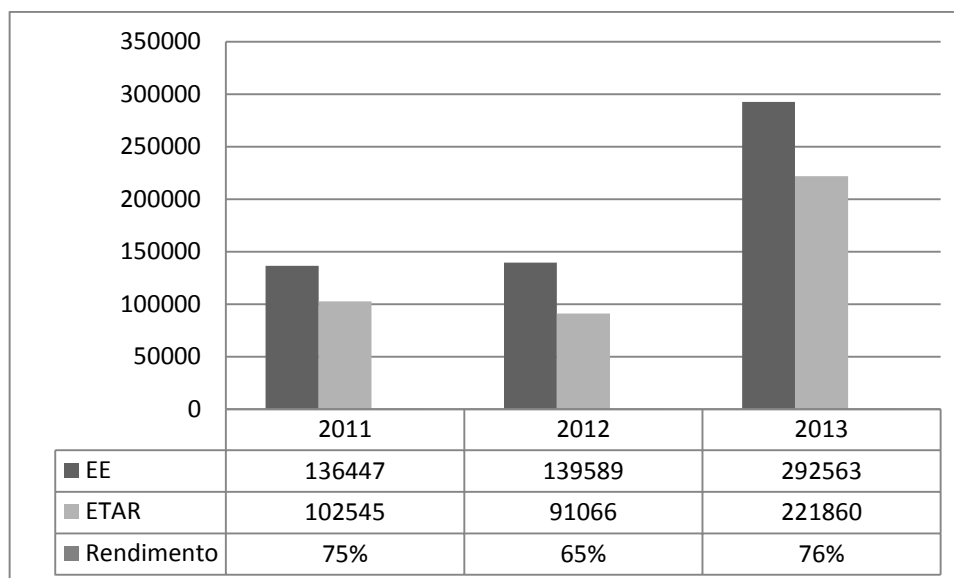
Dados de bombagem da EE

Outro fator, que atesta esta presunção, é o volume anual bombado pela estação elevatória. Segundo dados disponibilizados pela entidade que gere este equipamento, as Águas do Noroeste, a altura manométrica das bombas é de 36,6 metros e o seu caudal é de 18,97 l/s. Além destes dados, foram facultadas as horas de bombagem por mês, entre 2011 e 2013.

Com estes registos foi viável calcular o volume anual bombado pela estação elevatória para a ETAR. As bombas de águas residuais apresentam um rendimento variável, sendo normal rondar os 60%.

Quadro 5.1 Volumes ótimos de bombagem em m³

| Ano | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|--------|--------|--------|
| Volume bombado (rendimento 100%) | 136447 | 139589 | 292563 |

Gráfico 5.3 Comparação entre os volumes bombados na EE e os afluídos à ETAR, em m³

Igualando o volume bombado com o volume medido na ETAR, testemunha-se um rendimento das bombas na ordem dos 70%. Tratando-se de um valor, além de aceitável e atendendo ao cenário de serem águas residuais, bom na eficiência de elevação das águas sépticas.

Observando a semelhança de valores obtidos entre o volume bombado e afluído, juntamente com o rendimento agregado a estes valores, pode-se afirmar que não existe nenhuma anomalia em 2013.

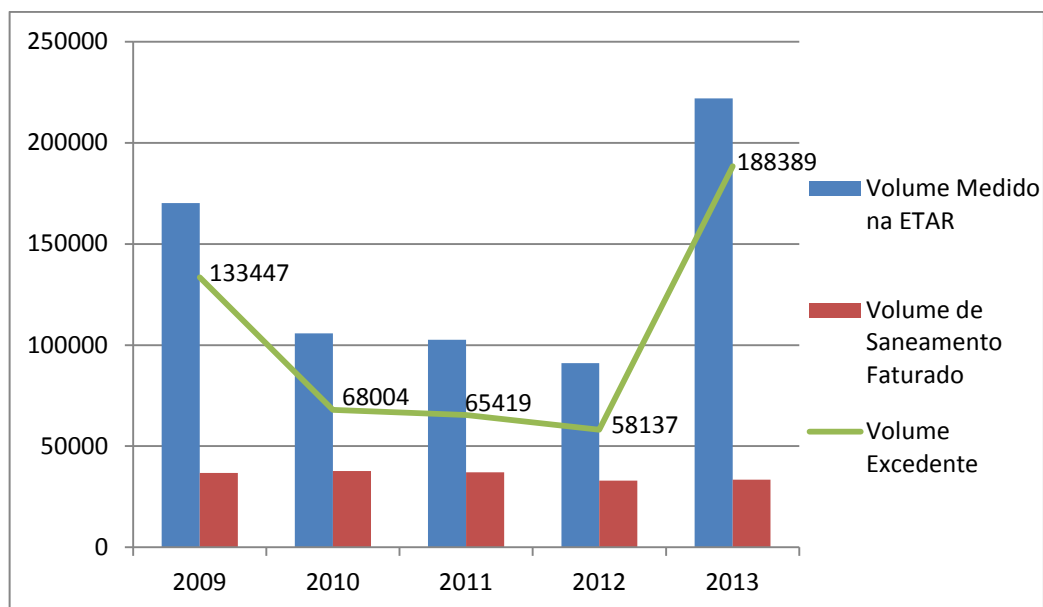
5.3 QUANTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

Confirmada a existência de caudal excedentário, sucede-se o estudo com volumes faturados de saneamento, ao invés dos volumes faturados de abastecimento de água.

Quadro 5.2 Volumes registados pelo SMSBVC entre 2009 e 2013

| Ano | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Água faturada de consumo (m³) | 73209 | 75944 | 75038 | 65956 | 68505 |
| Saneamento faturado (90% do volume de água medido, contratos AA+AR) (m³) | 36250 | 36655 | 36482 | 32894 | 32232 |
| Saneamento faturado (90% do volume de água medido, contratos só AR) (m³) | 509 | 1046 | 644 | 35 | 1239 |
| Saneamento faturado TOTAL (m³) | 36759 | 37701 | 37126 | 32929 | 33471 |

É interessante constatar a enorme diferença entre os volumes faturados de consumo com o de saneamento, sendo a primeira o dobro da segunda.

Gráfico 5.4 Análise dos volumes anuais e a sua diferença, em m³

Comparando a quantidade de água que os SMSBVC fatura aos seus clientes, com a que tem de pagar às Águas do Noroeste, constata-se uma desmedida disparidade desses valores. Este evento é o produto da afluência de águas parasitas à rede de drenagem. Assim, confirma-se que as infiltrações indevidas, na bacia de Lanheses, são um problema grave.

Transformando os valores volumétricos de água, em percentagem de volume excedente e em população equivalente, reforça e realça a real magnitude do problema dos caudais infiltrados.

Quadro 5.3 Exame do volume excedentário em percentagem do volume total e em população

| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|--------|-------|-------|-------|--------|
| Volume Excedentário (m³) | 133447 | 68004 | 65419 | 58137 | 188389 |
| Percentagem de volume excedentário ao total que chega à ETAR | 78% | 64% | 64% | 64% | 85% |
| População equivalente excedentária (hab) | 3047 | 1553 | 1494 | 1327 | 4301 |
| Comparação com a população global de Lanheses | 185% | 94% | 91% | 81% | 261% |

A estimação de população, representativa do caudal excedentário, foi elaborada de forma singela. Através de uma capitação de 120 l/dia/hab, converteu-se o volume anual em habitantes. Perspetivando assim, uma representação geral da grandeza de tal volume.

Conclui-se que nesta bacia de drenagem de águas residuais as afluências indevidas representam, em média, 71% do volume afluído à ETAR, e a mais de 2000 habitantes fictícios, para uma bacia com um total de 1645 habitantes é algo muito preocupante.

5.4 CAUSAS E EFEITOS DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

Atestada a presença e dimensão das infiltrações indevidas na bacia de Lanheses, impõe-se perceber quais as causas e consequências que tais infiltrações acarretam ao sistema. Quantificar a sua magnitude e converter em parâmetros perceptíveis da verdadeira dimensão, conduz a uma análise limitada deste assunto. Porque estar-se-ia meramente a constatar o fenómeno, sem vincular as causas e as consequências de tal acontecimento. Neste trabalho, ir-se-á dar primazia às causas que originam as infiltrações, do que propriamente as suas consequências.

Aproveitando os registos mensais de precipitação e de volume medido na ETAR, procedeu-se à comparação destes dados nos anos compreendidos entre 2009 e 2013. Sendo conhecida a óbvia preponderância da pluviosidade na dimensão de águas parasitas, procura-se com esta análise retirar conclusões da padronização dos registos, mas também, de eventuais situações inesperadas.

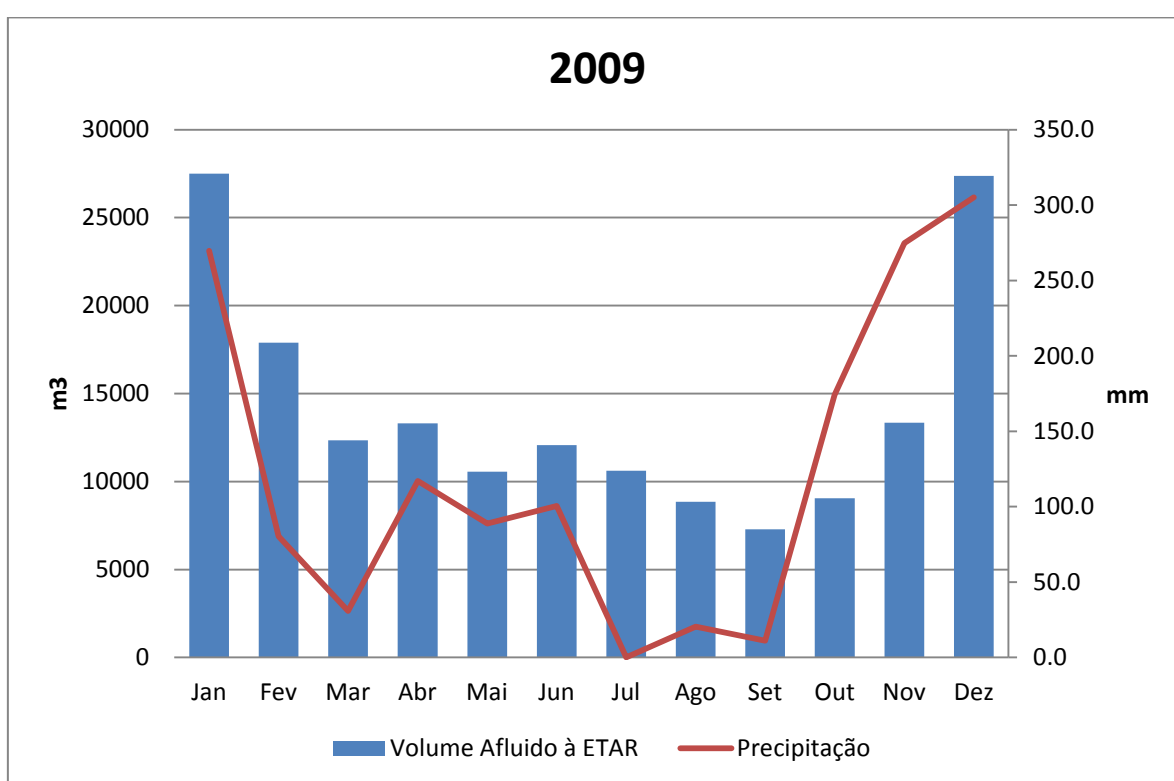


Gráfico 5.5 Dados de 2009

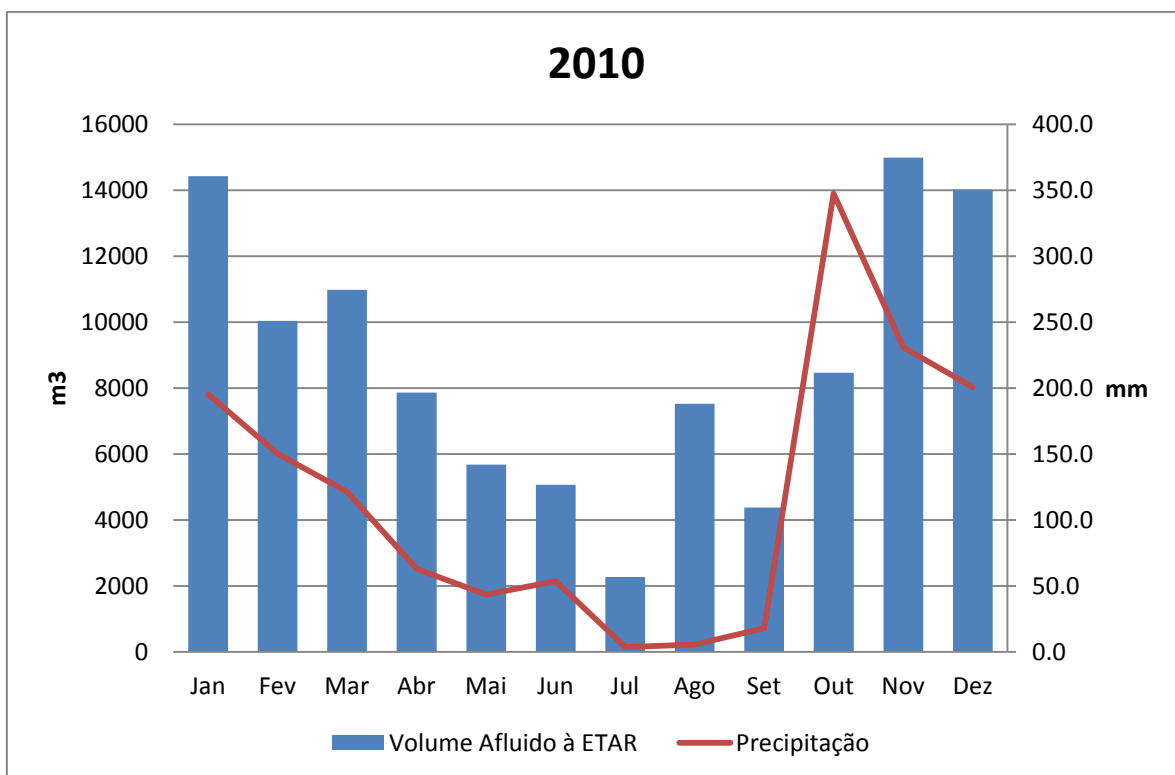


Gráfico 5.6 Dados de 2010

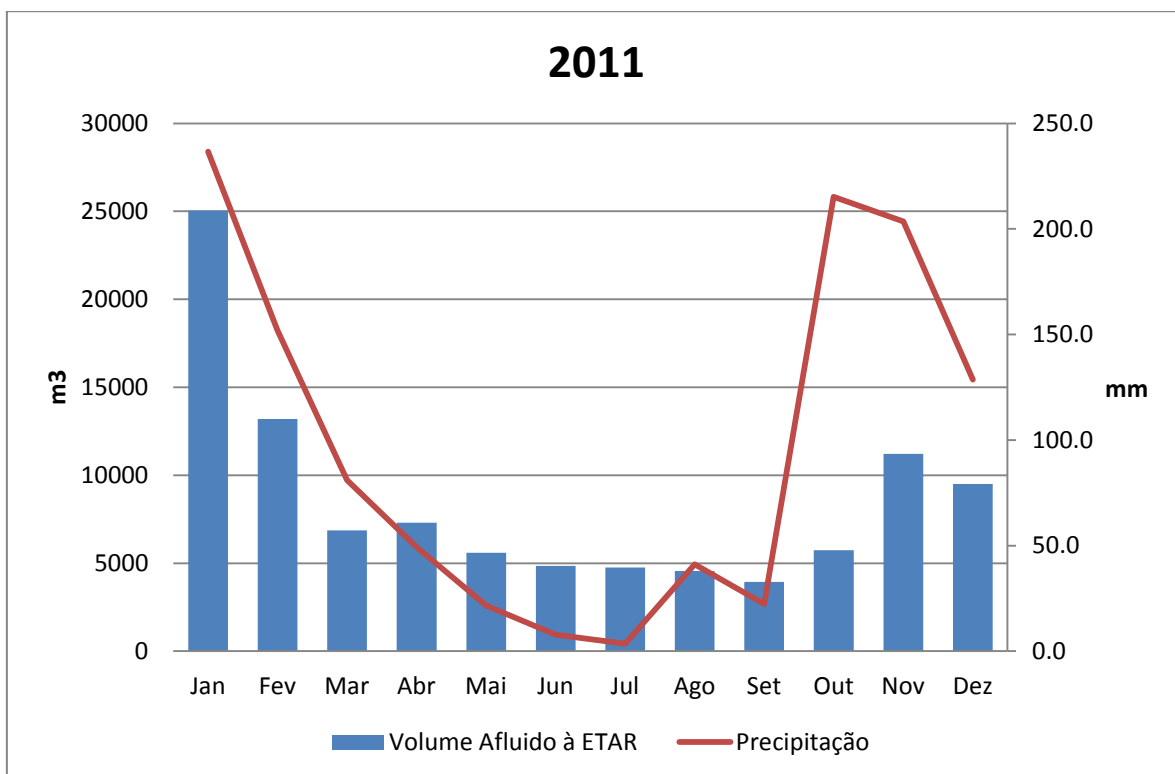


Gráfico 5.7 Dados de 2011

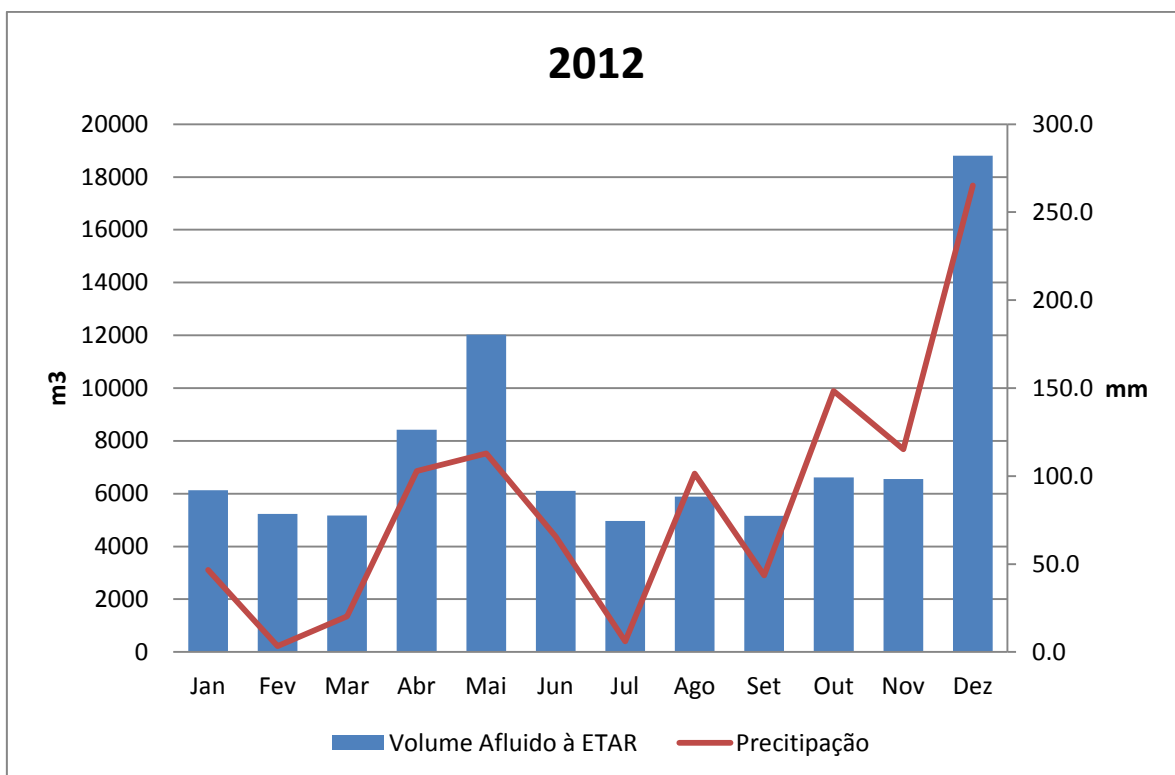


Gráfico 5.8 Dados de 2012

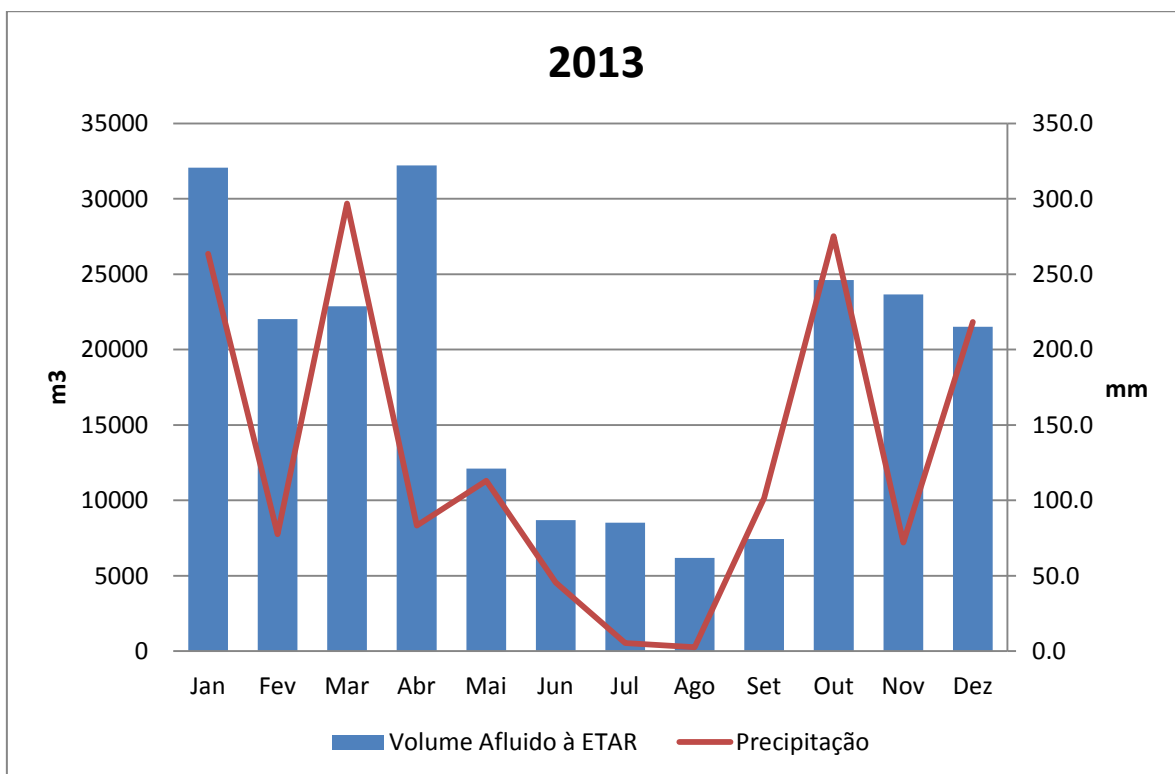


Gráfico 5.9 Dados de 2013

Quadro 5.4 Registos anuais de precipitação e de afluições indevidas

| Ano | Precipitação (mm) | Afluições Indevidas (m ³) |
|------|-------------------|---------------------------------------|
| 2009 | 1472,6 | 133447 |
| 2010 | 1433,2 | 68004 |
| 2011 | 1162,6 | 65419 |
| 2012 | 1031,2 | 58137 |
| 2013 | 1554,6 | 188389 |

A análise destes cinco anos de operacionalidade da rede, com a precipitação registada naquela zona nesse período, pode-se concluir que, os fenómenos pluviométricos são a causa principal das influências indevidas numa rede de drenagem de águas residuais, do tipo separativo. Além de ser a causa primordial das infiltrações diretas, também é o parâmetro mais importante das infiltrações indiretas.

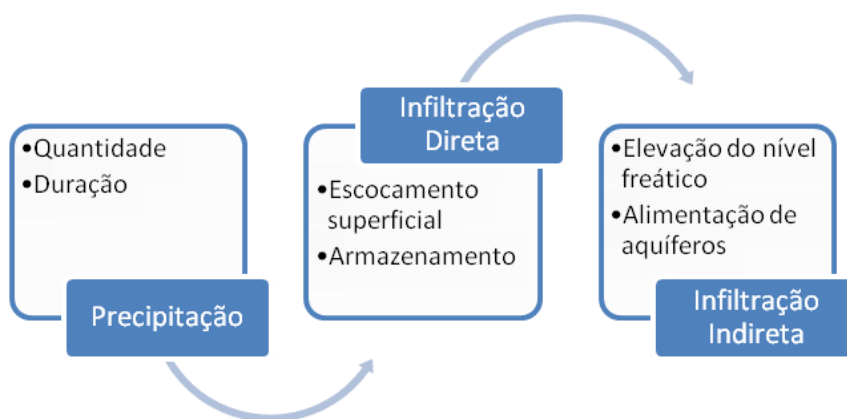


Figura 5.1 Efeito da precipitação na infiltração em redes de drenagem

Padrão do consumo vs padrão precipitação

Poder-se-ia supor que o consumo de água influenciaria a afluição de água à ETAR, porque as redes de saneamento são construídas com a finalidade de drenar a água consumida pela população. Sendo a missão do sistema, o transporte das águas rejeitadas pelos habitantes da bacia que se encontram ligados ao sistema, o caudal escoado esperar-se-ia ser função da água consumida. Todavia, isso não se verifica nem em quantidade, nem em padronização mensal.

O sistema, ao não estar a funcionar para dar resposta às águas residuais rejeitadas, mas sim para as afluições de águas parasitas, provoca estupefação. Porque está a drenar água que ninguém paga e que nem ninguém é responsável por tal.

A sazonalidade é uma questão muito importante nos sistemas de abastecimento de água e, logicamente, também nos sistemas de drenagem de águas residuais. Examinando os gráficos das

afluências à ETAR com o padrão de consumo, tal não se comprova. Também, inesperadamente se verifica que a água consumida exibir uma padronização irregular e imprevisível.

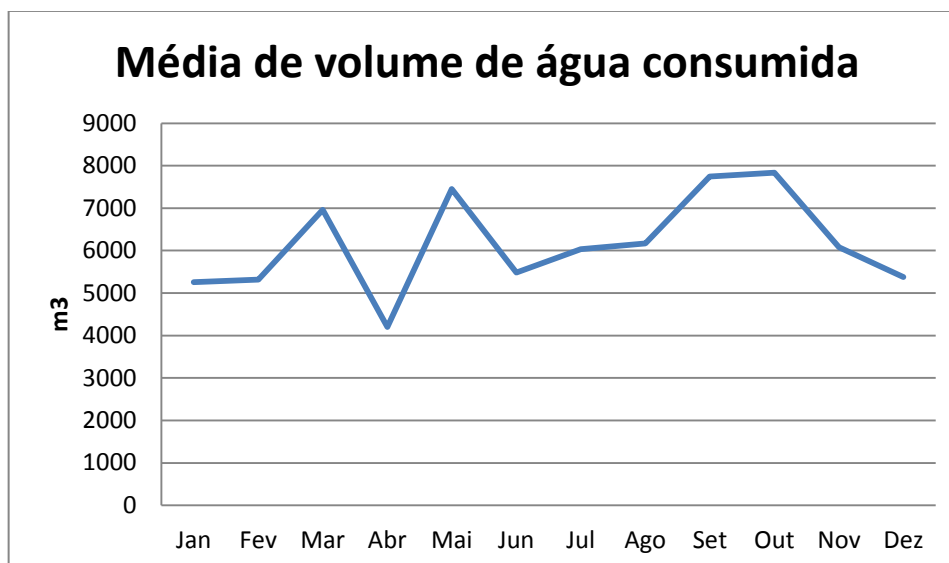


Gráfico 5.10 Padrão de consumo da bacia

5.5 IMPORTÂNCIA DA PRECIPITAÇÃO NAS INFILTRAÇÕES

Atestada a primazia dos fenómenos pluviométricos na ocorrência de infiltrações, impera, atribuir um valor quantitativo dessa mesma influência. Singelamente tentou-se estimar uma percentagem para a infiltração ocorrida quando chove e outra para quando não chove. Consequentemente procurou-se estimar um valor para o caudal médio mensal, exclusivamente produzido pelos habitantes, abrangidos e servidos pela bacia de drenagem, com o intuito de se avaliar a componente de infiltrações em tempo seco. Isto é, sem a interferência da precipitação no valor de águas parasitas.

Assim, usando a média mensal do volume afluente mensal à ETAR e a quantidade de precipitação mensal, ambos no intervalo temporal em análise, confrontou-se o caudal médio mensal, somente da população, com esses registos. É preciso referir que, não se alcançou uma total coincidência do padrão dos volumes mensais medidos na ETAR, com os valores da precipitação, porque se trata de uma amostra diminuta de apenas cinco anos. Este intervalo temporal, apesar ser bastante representativo, não é totalmente fiável, seriam precisos registos de pelo menos vinte e cinco a trinta anos para se considerar uma amostra significativa. Porém, examinando os dados recolhidos, estes conferem uma representação bastante fiável da realidade analisada.

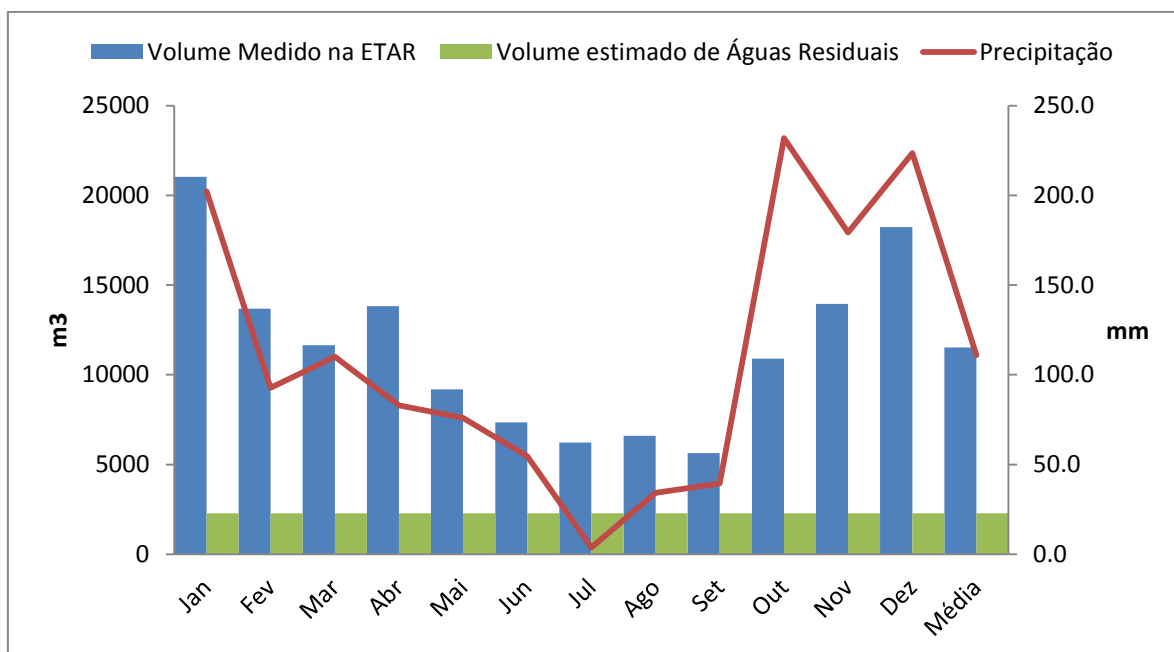


Gráfico 5.11 Análise das médias mensais da precipitação, volume afluído e volume de águas residuais

É notório o efeito retardado que os fenómenos pluviométricos exibem no problema da infiltração. Este efeito promove uma dependência entre registos mensais, porque a precipitação num determinado mês, vai preponderar nos meses seguintes. Assim, escolheu-se os meses entre julho e setembro, como os meses “secos”, com o objetivo de se segregar a infiltração dependente e a independente da chuva. É curioso notar que o mês com menor valor de precipitação, julho, com 3,8 mm, não ser o mês com menor volume, sendo esse o mês de setembro com 5636 m³. Este facto valida os dois pressupostos, do efeito retardado e a da dependência e independência da precipitação. Assumindo-se assim que, como nestes meses “secos” o efeito da precipitação é residual, assumem-se como meses independentes do fenómeno da precipitação e suas consequências.

Através da equação 3.1 estimou-se o volume mensal. Obviamente no seu cálculo encontram-se muitos erros de simplificação, atendendo que se trata de uma estimativa rápida e simples para verificar o peso das afluências indevidas.

Quadro 5.5 Cálculo do volume mensal de águas residuais

| | |
|---------------------------|-------------|
| População (hab) | 694 |
| Capitação (l/dia/hab) | 120 |
| Fator de afluência | 0,9 |
| Dias | 30,5 |
| Volume mensal (m³) | 2286 |

Subtraindo este valor aos valores chegados à ETAR de julho, agosto e setembro, obtém-se, pela média dos 3 meses, um volume mensal de infiltração independente da chuva de 3867 m³/mês.

Porém, esta independência não é total. Os registos de precipitação nestes meses resultam numa média de valores de 25,8 mm e, sendo a média mensal anual de 110,9 mm, pode-se afirmar que, ainda existe uma preponderância da precipitação de 23% nestes meses secos, conduzindo a um volume mensal, de infiltração em tempo seco, de 2968 m³/mês.

A partir daqui seria impossível prosseguir com este rumo da análise, caso não se reformule a divisão dos tipos de infiltração. Terá de se mudar o conceito de infiltração direta e infiltração indireta, como foi apresentada no capítulo 3, para infiltração de tempo húmido e infiltração de tempo seco.

Quadro 5.6 Registos da precipitação e volumes afluídos à ETAR

| mês | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez | média |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| m ³ | 21034 | 13680 | 11646 | 13820 | 9191 | 7357 | 6228 | 6594 | 5636 | 10895 | 13951 | 18244 | 138276 |
| mm | 202,4 | 92,7 | 110,0 | 83,0 | 75,9 | 54,6 | 3,8 | 34,2 | 39,3 | 232,1 | 179,3 | 223,6 | 110,9 |

5.6 DIVISÃO ENTRE INFILTRAÇÃO DE TEMPO HÚMIDO E SECO

Foi apresentado no capítulo 3 deste trabalho, a diferenciação entre infiltração direta e indireta. Explicando as suas distintas características, desde as suas origens, até às suas consequências. No intuito de analisar o peso da precipitação, na infiltração de águas parasitas, predomina a necessidade de dividir a infiltração em função da ocorrência de fenómenos pluviométricos. Assim, dividiu-se a infiltração em tempo seco e tempo húmido. Por não ter encontrado bibliografia portuguesa sobre esta distinção, optei por manter a terminologia anglo-saxónica dos termos utilizados. Além de não existir tradução direta para português.

A infiltração indireta engloba o *GroundWater Infiltration* (GWI) e o *Rainfall Induced Infiltration* (RII).

O GWI é a componente da infiltração provocada pela infiltração de águas subterrâneas, devido à sua presença e percolação na zona saturada da rede de esgotos, localizado abaixo do lençol freático, introduzindo-se através de defeitos da infraestrutura do sistema de saneamento. O caudal de GWI é usualmente constante e a sua dimensão não é afetada pela ocorrência de precipitação. Obviamente, o nível freático é função da água da chuva, mas não é diretamente influenciado por este. (EPA, 1990)

O RII é uma forma particular de infiltração indireta, porque, ao comportar-se identicamente à entrada de águas pluviais na rede, é normalmente considerada como infiltração direta. Contudo, como o RII penetra o sistema de esgoto, através de defeitos nos coletores e juntas de ligação, é uma infiltração indireta. No entanto, as suas características de afluência assemelham-se à direta, porque há um rápido aumento no influxo de caudal, função da dimensão do evento de precipitação, seguido de uma diminuição quando a chuva estagna. Comparativamente com o GWI, que é geralmente constante de intensidade e de duração mais prolongada, a RII é relativamente de curta duração e de alta intensidade. Sendo a sua presença dependente da capacidade de absorção da superfície do solo e da existência de fendas ou caminhos preferenciais para a penetração da água da chuva no subsolo (EPA, 1990; Mikalson, 2011; Pawlowski *et al.*, 2014).

A infiltração direta engloba o *StormWater Inflow* (SWI) e o *DryWeather Inflow* (DWI).

O SWI é geralmente o resultado da entrada indevida, na rede saneamento, das águas pluviais. A sua génese deve-se a ligações cruzadas ou ligações erróneas de sistemas de drenagem de águas

pluviais, privados ou públicos, com o sistema de esgoto. Só se verifica ocorrência de SWI quando se sucedem fenómenos pluviométricos. O seu impacto é função da duração e intensidade destes fenómenos (EPA, 1990).

O DWI é a influência indevida em tempo seco, sendo o resultado das contribuições indevidas à rede de saneamento de águas que não são causadas pela precipitação. Entre exemplos de DWI são a água de lavagem de rua, que entra nas caixas de visita através das tampas deterioradas, água da refrigeração de equipamentos industriais e comerciais, e algumas atividades em propriedades privadas, que ao invés de serem escoadas para o sistema de águas pluviais, entram no sistema de drenagem de águas residuais de forma indevida (EPA, 1990).

Obviamente quando ocorre precipitação, os parâmetros de GWI e DWI, que aqui foram apresentados como fenómenos de tempo seco, também são influenciados. Consequentemente, em tempo molhado, assiste-se ao somatório das quatro componentes de infiltração apresentadas. Já em tempo seco, somente resulta da adição de GWI com DWI (EPA, 1991).

Contudo, com este panorama, continuaria a ser inexequível a análise da estimativa da preponderância dos fenómenos pluviométricos, ou não ocorrência de tal, no total de afluições indevidas no sistema de saneamento de Lanheses. Por isso, admitiu-se que em **tempo húmido** a soma das componentes de **GWI e DWI é desprezável**. Mas, em **tempo seco** ainda existe presença de pluviosidade em 23%, valor já explicitado (Frederking, 2010).

Valores de tempo seco e tempo Húmido

O objetivo de reconhecer a importância da pluviosidade no problema das infiltrações em redes de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, foi alcançado em 5.5. Utilizando os pressupostos assumidos em 5.6, pretendeu-se atribuir valores, no intuito da percepção da contribuição, ou não contribuição, da precipitação no volume de águas parasitas nos sistemas de saneamento.

Quadro 5.7 Percepção da não contribuição da precipitação

| mês | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tempo seco m ³ | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 | 2968 |
| %volume medido na ETAR | 14% | 22% | 25% | 21% | 32% | 40% | 48% | 45% | 53% | 27% | 21% | 16% |
| % Afluições Indevidas | 16% | 26% | 32% | 26% | 43% | 59% | 75% | 69% | 89% | 34% | 25% | 19% |

O quadro 5.7 apresenta uma estimativa de valores para o cenário da não contribuição direta da pluviosidade para o volume de afluições indevidas. Estes resultados não são totalmente autênticos, porém, possibilitam a correta percepção da não contribuição da chuva para a quantidade de águas parasitas no sistema de saneamento. Em contrapartida, no quadro 5.8, são apresentados valores para o cenário da contribuição direta da pluviosidade, atendendo aos mesmos pressupostos anteriormente assumidos.

Quadro 5.8 Percepção da contribuição da precipitação

| mês | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
|-----------------------------|-------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|-------|
| Tempo húmido m ³ | 15780 | 8425 | 6391 | 8566 | 3936 | 2102 | 974 | 1340 | 382 | 5641 | 8697 | 12989 |
| %volume medido na ETAR | 75% | 62% | 55% | 62% | 43% | 29% | 16% | 20% | 7% | 52% | 62% | 71% |
| % Afluências Indevidas | 84% | 74% | 68% | 74% | 57% | 41% | 25% | 31% | 11% | 66% | 75% | 81% |

Aglomerando os resultados obtidos em tempo seco e em tempo húmido, em função da média mensal dos valores estimados, permitiu o preenchimento do quadro 5.9. Nele, é bem perceptível a componente de infiltrações função da ocorrência de precipitação e da não ocorrência desse fenómeno.

Quadro 5.9 Média de tempo seco e húmido

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| Tempo Seco | 2968 m³ |
| %volume medido na ETAR | 26% |
| % Afluências Indevidas | 32% |
| | |
| Tempo húmido | 6269 m³ |
| %volume medido na ETAR | 54% |
| % Afluências Indevidas | 68% |

Estes resultados não podem ser traduzidos como irrevogáveis. Ao serem tomadas opções como na captação e simplificações nos cálculos efetuados, é desacertado afirmar que estes valores de tempo seco e húmido são corretos. Mesmo assim, é possível retirar conclusões destes resultados.

Do volume afluído à ETAR, conclui-se que, 1/4 dessa quantidade corresponde a infiltrações em tempo seco, devido a DWI e GWI, e que metade é imputação às infiltrações em tempo húmido, RII e SWI. Portanto, somente 25% do caudal que chega à ETAR são verdadeiramente águas residuais, comparando com os resultados alcançados em 5.3, verifica-se similaridade dos valores. Comprovando assim, que este raciocínio de divisão em tempo seco e húmido não se provou errado.

Em suma, 30% das afluições indevidas ocorre a tempo seco e 70% em tempo húmido. Provando assim, que os fenómenos pluviométricos são preponderantes na temática das infiltrações, sendo mesmo a sua causa principal.

5.7 CAUSAS PRINCIPAIS DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM LANHESES

Procurando descortinar o porquê das infiltrações indevidas na bacia de drenagem de Lanheses, procede-se à explicação dos principais aspetos desta rede que originam tais infiltrações.

5.7.1 PRECIPITAÇÃO

Como já foi esmiuçado anteriormente, a precipitação é a genetriz das infiltrações. Nesta região os fenómenos pluviométricos são muito intensos, como demonstra o quadro 5.10. Em Lanheses ocorre mais precipitação do que em Portugal Continental.

Quadro 5.10 Registos de precipitação

| Ano boletim climatológico anual IPMA | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Continente (mm) | 827,4 | 1063,1 | 854 | 636 | 939 |
| Viana do castelo (mm) | 1472,6 | 1433,2 | 1162,6 | 1031,2 | 1554,6 |

Esta região é sujeita a elevada precipitação, o que aumenta, em muito, a preponderância de surgir afluições indevidas em grande número nos sistemas de drenagem de águas residuais da área.

5.7.2 PROFUNDIDADE DOS COLETORES

A estrutura de drenagem de águas residuais de Lanheses, por se encontrar a profundidades pouco cavadas, não restringe as infiltrações. A rede, apesar de estar menos propícia a ser influenciada pelo nível freático, está mais solicitada à infiltração por RII. Mas, atendendo que o nível freático se encontra muito elevado e se regista muita pluviosidade, os coletores estão sujeitos quer a RII, quer a GWI.

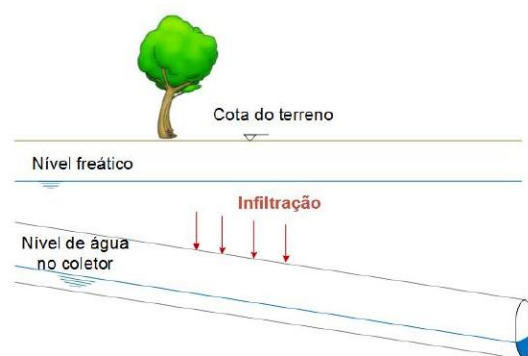


Figura 5.2 Ilustração da infiltração por GW

5.7.3 SOLO GEOLOGIA

Sensivelmente metade da bacia situa-se em solo argiloso e outra metade em solo xistoso.

Como a argila em contato com a água expande, torna-se um solo impermeável, armazenando muita água no subsolo. Adicionando ao facto de, ao perder essa água contrai de volume, conduz a efeitos nefastos. Origina fendas e fissuras nos coletores e nas juntas de ligação deslocadas, eleva o nível freático do solo, provoca fendas à superfície, que não são mais que caminhos preferenciais para a água pluvial penetrar no subsolo, aumentando assim o RII. Ainda a acrescentar que depois de absorver água suficiente para ficar impermeável, leva ao armazenamento de muita água à superfície.

Infelizmente, a outra metade xistosa também é propícia a infiltrações. Por ser um solo permeável aumenta a percolação da água subterrânea. Além da sua forma laminada facilitar os caminhos preferenciais da água pluvial até aos coletores.

5.7.4 RIO LIMA

A proximidade do rio Lima é prejudicial para esta rede de drenagem. Por se tratar de um curso de água muito largo e de elevado caudal, leva a que, o nível freático da zona se mantenha constantemente elevado, incrementando assim o GWI. Além de nos períodos de cheias inundar parte significativa da bacia, aumentando também o efeito de RII.

5.7.5 REDES DOMÉSTICAS

A fraca qualidade dos materiais e técnicas construtivas, utilizados nas redes domésticas e ligações à rede pública, conduz a que seja um fator de elevada infiltração. Quando não existe rede pluvial pública, é usual ligar as coletores de águas pluviais privadas, à rede de saneamento. No entanto, mesmo quando existe rede pluvial pública é frequente se ligar à rede de esgotos. Porque é mais conveniente realizar ligações erróneas, devido à diferença significativa de cotas. Embora tenham sido executados testes de fumo em todos os ramais domiciliários, registo desses testes em anexo, não se pode descartar as ligações domésticas erróneas.

Outro importante aspeto é a fraca adesão ao sistema de águas residuais. Já que, facilmente se faz uma ligação clandestina à rede pública, livrando-se das águas sépticas sem se ter quaisquer encargos.

5.7.6 REDE PLUVIAL

A rede de drenagem de águas pluviais, nesta bacia, é escassa, só estando implementada na zona central da freguesia. Da água precipitada uma parte infiltra-se no solo, outra parte é escoada à superfície, encaminhando-se naturalmente para o rio Lima. A fraca ocupação do solo, em Lanheses, facilita a infiltração das águas pluviais no subsolo, aumentando muito o RII e o GWI.

5.8 INDICADORES DE DESEMPENHO NESTA REDE

De todos os indicadores de desempenho, apresentados em 3.4, somente se calcularam dois, o caudal unitário por câmara de visita e o caudal unitário por comprimento do coletor. Atendendo que estes indicadores são meramente representativos do caudal infiltrados, não existindo balizamento dos valores, utilizou-se o caudal médio de todo o período temporal em análise. Com os registos

fornecidos e com os resultados dos cálculos efetuados, foi possível determinar um caudal infiltrado de 0,078 m³/s.

5.8.1 CAUDAL UNITÁRIO POR CÂMARA DE VISITA

$$\frac{Q_{inf}}{N^{\circ} C_{visita}} (m^3/s) \quad 5.1$$

Nesta rede de saneamento contabilizam-se 327 caixas de visita. Para um caudal infiltrado de 0,078 m³/s, leva a um indicador de caudal unitário por camara de visita de 0,000239 m³/s ou 0,239 l/s.

5.8.2 CAUDAL UNITÁRIO POR COMPRIMENTO DO COLETOR

$$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor}} (m^3/s/km) \quad 5.2$$

Tendo uma extensão de 14,6 Km de coletores, representa um indicador do caudal unitário por comprimento do coletor de 0,005352 m³/s/km ou 5,352 l/s/km.

A lacuna de aplicação deste tipo de indicadores, desenvolvidos no âmbito do projeto APUSS, diminui a informação a extrair da sua utilização. Inviabilizando, assim, retirar conclusões fundamentadas. Impera o incremento do número de casos de estudos, em Portugal, que empreguem estes indicadores para futuramente se poder enquadrar os valores e obter conclusões.

5.9 LOCAIS CHAVES NA REDE DOS SMSBVC

Seguindo a análise feita em 3.5, procurou-se, na rede em “baixa” dos SMSBVC, possíveis focos de infiltrações, depois de se ter analisado as características dessa rede.

Apesar da profundidade média dos coletores ronda os 3 metros, há um troço notoriamente fundo. Quando o troço vindo da Zona Industrial de Lanheses cruza com a Rua d’as Olas, são atingidas profundidades de 8,3 metros. Apesar deste segmento cavado ser em ferro fundido, não inviabiliza infiltrações nas juntas de ligação, por exemplo.

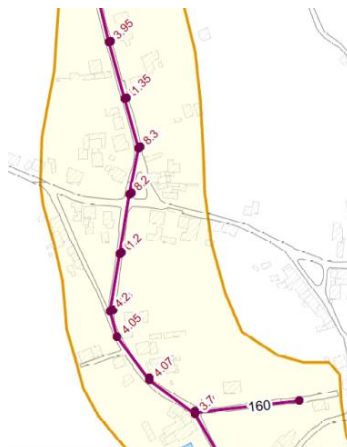


Figura 5.3 Troço profundo

Outro local com propensão em ser um foco de infiltrações é o troço da rede, a nascente, antes chegar à EE.



Figura 5.4 Segmento com ângulos rectos

A junção de fatores como a proximidade ao rio Lima, a recolha de águas residuais de estufas, ângulos de 90º na rede, caixas de visita em terrenos pantanosos e baixo declive dos coletores, tornam este troço o mais crítico da rede.

5.10 ANALISAR A REDE DAS ÁGUAS DO NOROESTE, EE E ETAR

A rede das Águas do Noroeste compreende-se entre a estação elevatória e a estação de tratamento de Lanheses/Geraz do Lima. Este sistema, tal como a rede em “baixa”, é jovem. Apresenta condutas em ferro fundido em toda a sua extensão e uma profundidade pouco significativa. Subsistem dois troços distintos, um compreendido entre a EE e a caixa de dissipação de energia, e outro, daí até à ETAR. Só existe ocorrência de escoamento quando a bomba na EE entre em funcionamento, em que no primeiro troço vai sob pressão, mas no último vai em superfície livre.

No último troço assiste-se somente a infiltração, enquanto no troço inicial verifica-se quer infiltração, quer exfiltração. Quando há bombagem, esse segmento fica em carga, originando possíveis transbordamento de líquido para o exterior dos coletores, mas quando não há bombagem verifica-se infiltração de águas parasitas.

Outro aspeto a assinalar é o facto de o poço de armazenagem de águas residuais da estação elevatória, por estar tão perto do rio Lima, encontrar-se abaixo do nível freático e algumas vezes submerso pelo rio. Embora seja uma infraestrutura em betão armado, procurando ser o mais estanque possível, é irrealizável que as condutas e suas juntas de ligação sejam tão estanques como a estrutura do poço. Previsivelmente este é um ponto crítico de infiltrações nesta bacia de drenagem.

6

Recomendações na mitigação das afluições indevidas

6.1 SOLUÇÕES ESPECÍFICAS PARA A BACIA DE LANHESES

Antes de partir para a reabilitação da rede propriamente dita, os SMSBVC têm de aprofundar o conhecimento das águas parasitas nesta bacia, principalmente, na localização dos focos e das causas criadoras associadas. Seria incorreto, desde já, encetar procedimentos de reconstrução da infraestrutura, porque além de se tratar de uma rede jovem, tem somente oito anos de operacionalidade, desconhecendo-se os pontos e segmentos causadores das maiores infiltrações.

Esta entidade gestora ostenta uma excelente base de dados da infraestrutura, limitando as possíveis melhorias nesta área. No entanto, existe uma necessidade de desenvolvimento com consequente investimento, na monitorização do sistema, e principalmente na medição de caudais. Evidentemente, são escassas as entidades gestoras em “baixa” que detêm uma boa monitorização da sua rede de drenagem de águas residuais, mas existem muitas técnicas que facilitariam o reconhecimento do problema das águas parasitas. Grande parte destas soluções passam pela medição do caudal escoado nos coletores, visando quantificar as afluições indevidas e circunscrever a localização das fontes associadas.

A **primeira medida** deve ser a **delimitação de sub-bacias**, equipada cada uma com um caudalímetro, na perspetiva de conhecer a contribuição de cada sub-bacia para o total de águas parasitas da bacia de Lanheses. Esta metodologia assemelha-se, em muito, às zonas medição e controlo (ZMC), utilizadas no combate das perdas, em sistemas de abastecimento de água. A sua maior valia é restringir a busca das infiltrações e, indiretamente, a monitorização dos caudais escoados.

A **segunda medida** proposta, com o propósito de **medir o caudal mínimo noturno**, é a instalação de um caudalímetro fiável na medição de reduzido caudal, em superfície livre. Permitindo assim, conhecer a quota-parte de infiltrações indiretas no total das águas parasitas, sendo que se revelaria num enorme auxílio ao estudo desta problemática, ajudando no combate da sua mitigação.

A **monitorização das águas subterrâneas** é a **terceira medida** proposta. Através do aproveitamento das caixas de visita da rede de drenagem é facilmente acessível a instalação de piezómetros, ou outros aparelhos para a medição das águas freáticas, sendo esta uma ajuda valiosa na perceção da componente de GWI, possibilitando assim a ligação com os valores de infiltração indireta da segunda medida.

A **quarta e última medida** consiste na **instalação de um caudalímetro**, próprio dos SMSBVC, **a montante da ETAR**, não como ato de afronte à entidade gestora em “alta”, mas sim para esclarecer

a veracidade dos volumes que a bacia de Lanheses contribuem para o volume total afluído à ETAR Lanheses/Geraz do Lima. Esta medida, liberta os SMSBVC de constrangimentos, dado que a comparação de valores entre entidades gestora esclarece e certifica o real valor de caudal escoado. Evidentemente, não é o objetivo de substituir o atual procedimento de quantificação de caudal da entidade em “alta”, nem criar obstáculos nos processos de relação entre entidades gestoras.

6.1.1 MIGRAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A reabilitação pode acarretar dissabores na demanda de solucionar a problemática das infiltrações. Uma vez que a água procura sempre o caminho preferencial, leva a que ao corrigir-se o foco principal de infiltração, a fonte “migre” para pontos inativos ou menos ativos antes da reabilitação. Este fenómeno, denominado por migração de águas subterrâneas, conduziu a resultados dececionantes em programas de minimização de afluências indevidas comuns. Estes programas têm demonstrado uma disparidade entre a redução prevista e real redução de infiltração obtidas. A migração de infiltração de água subterrânea para fontes anteriormente inativas, pode ser assinalada por um aumento correspondente no nível do lençol freático nesses locais.

Este é o fenómeno mais difícil de prever e controlar na tentativa de mitigar as afluências indevidas. São escassos os fundamentos teóricos que o caracterizem, nem existem métodos para conferir a sua presença. Atualmente, este fenómeno é explicado e analisado, baseado no acréscimo do nível freático num local, posteriormente à reabilitação de uma conduta vizinha.

6.2 PERCEÇÃO FINANCEIRA

Os encargos financeiros procedentes da entrada de águas parasitas no sistema, como já foi esmiuçado no capítulo três, podem ser divididos em custos operacionais, custos de manutenção e custos de investimento. Seria necessário um estudo muito detalhado para aferir especificamente, cada uma das parcelas destes três tipos de custos. A segregação na administração da rede em “baixa”, com a em “alta”, facilita a compreensão acerca do peso financeiro que as afluências indevidas representam para a entidade em “baixa”. Segundo os SMSBVC, o m³ confluído à ETAR de Lanheses/Geraz do Lima, detida pelas Águas do Noroeste, é cobrado a € 0,56. Sendo esta uma estimativa dos encargos financeiros, relacionados com a infiltração na bacia de drenagem de Lanheses, não tendeu para um rigor desmesurável, dado que o objetivo visa somente a sensibilização, em termos monetários, deste problema no caso de estudo.

Quadro 6.1 Evolução das afluições indevidas e consequentes custos

| Ano | Afluições Indevidas (m ³) | Custos (0,56 €/m ³) |
|------|--|------------------------------------|
| 2009 | 133447 | 74.730 € |
| 2010 | 68004 | 38.082 € |
| 2011 | 65419 | 36.635 € |
| 2012 | 58137 | 32.557 € |
| 2013 | 188389 | 105.498 € |

Observando o quadro 6.1, é evidente que este problema tem um peso muito significativo, na ordem das dezenas de milhares de euros, assistindo-se inclusive no ano de 2013, a valores acima dos cem mil de euros. A tendência regressiva, que se verificava até 2012, é completamente aniquilada no ano seguinte. Como já foi demonstrado no capítulo cinco, os dados de 2013 infelizmente não estão errados, mesmo assim é evidente que algum acontecimento anómalo deva ter sucedido neste sistema para se presenciar esta discrepância de valores de um ano para outro.

6.3 CONFLITO ENTRE EG'S; “ALTA” VS “BAIXA”

Nesta bacia de drenagem, o entendimento na sua gestão é notoriamente complicada. A rede em “baixa”, gerida pelos SMSBVC, é um sistema que tem vários problemas, entre os mais importantes destacam-se a taxa de adesão ao serviço e as afluições indevidas. A rede em “alta”, gerida pelas águas do noroeste, é um sistema com o seu foco essencialmente na região, em detrimento da gestão local. Esta orientação é globalmente positiva, mas futuramente insustentável para os problemas atuais. Apesar de a sua génese ser a gestão multimunicipal da rede de drenagem de águas residuais, principalmente a elevação e tratamento das águas residuais, todos os problemas existentes a montante são transportados para a rede em “alta”. Por si só, este não é um problema, porque os encargos consequentes destes problemas são apresentados na fatura às entidades em “baixa”. Contudo, se essas deficiências do sistema representarem importâncias incompatíveis para a entidade gestora em “baixa” saldar, leva a conflitos com a entidade em “alta”.

As infiltrações em sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, como é o caso da bacia de drenagem de Lanheses, são um receio para ambas as entidades. Como já foi referido, em Lanheses, a “baixa” representa toda a rede que encaminha o esgoto até à estação elevatória. Logo, a gestão dos SMSBVC restringe-se somente até à entrada da estação elevatória, apresentando custos de coletar e transportar o esgoto até esse ponto, já os custos de elevação, transporte e tratamento, são apresentados pelas Águas do Noroeste aos SMSBVC. Os seus proveitos são obtidos pela faturação da conta da água, na componente do saneamento, cujo calculado é função do volume faturado.

Se para a entidade em “baixa” o caudal excedentário é alarmante, porque para além dos problemas técnicos e ambientais inerentes, ele não é faturado. Para a entidade em “alta” o caudal excedentário é um problema técnico e ambiental, mas não financeiro, porque seja qual for o seu valor ele é pago pela entidade em “baixa”. Observando os valores exorbitantes de águas parasitas é normal haver um

desconto nas afluições à ETAR, mas incapaz de ser representativo da real grandeza do volume excedente.

A dificuldade em quantificar os caudais diários afluentes à ETAR, o desconhecimento das causas das infiltrações e não se conhecer o local de infiltração das águas parasitas, assim como do embaralhado de redes de coletores, são algumas das lacunas dos sistemas. Nesta bacia, as lacunas mais relevantes centram-se na débil qualidade no registo dos caudais diários na ETAR, nas três proveniências de esgoto à ETAR além da rede de Lanheses, na enorme discrepância entre os volumes faturados e medidos na ETAR e na dificuldade de localizar as fontes causadoras das infiltrações.

Se não existisse esta segregação de entidades gestoras, a gestão única numa rede, tão simples e pequena como a de Lanheses, traria muito bons resultados. No contexto atual do saneamento básico em Portugal, esta solução é incompatível com o rumo seguido. Porém, não é de descartar a possível sustentabilidade dos sistemas de saneamento, sustentado na sinergia entre as diferentes entidades gestoras no intuito de reduzir as infiltrações.

Seja qual for a orientação dada na administração deste negócio, unicamente a redução das afluições indevidas é a solução para a sustentabilidade destas empresas. Tal como, as perdas estão para as empresas de abastecimento de água, as infiltrações têm de ser o foco principal na gerência do saneamento básico.

6.4 ORIENTAÇÃO NA MITIGAÇÃO DE INFILTRAÇÕES

As consequências do caudal infiltrado são nefastas. Subsistem inúmeros prejuízos, desde o incremento da deterioração das condutas, à redução da eficiência no tratamento das águas residuais. O maior receio é o ciclo vicioso, porque a quantidade de infiltração de águas parasitas é função da deterioração e, consequência da maior preponderância no incremento dessas mesmas águas parasitas.

É primordial reduzir o caudal infiltrado, uma vez que, as mais-valias obtidas por essa redução são preponderantes para uma empresa responsável e sustentável. A diminuição das infiltrações conduz a uma sucessão de benefícios, sendo a primeira melhoria, a redução do encargo da exploração, aumentando a eficiência do sistema. Desta forma, diminui-se o risco na gestão, aumentando a sustentabilidade da empresa. Este ganho deve levar à otimização das tarifas e à reabilitação, com a folga financeira alcançada com a redução das afluições indevidas, revertendo assim o ciclo vicioso e criando um ciclo virtuoso.

A problemática das infiltrações em sistemas de águas residuais, do tipo separativo, tem de ser contida desde a fase de projeto. Nesta fase, urge que o projetista da rede tenha o cuidado de mitigar as afluições indevidas, mas principalmente que as estime e as englobe no escoamento do caudal de dimensionamento. Os constrangimentos espaciais, topográficos, geológicos, entre outros, dificultam a intenção de desviar a rede de focos propícios em provocar infiltrações de águas parasitas. Contudo, é exigido que se realize, em fase de projeto, uma boa estimativa dos caudais excessivos com o intuito de os englobar no caudal de projeto, permitindo assim, desenhar uma infraestrutura capaz de minimizar a entrada em carga dos coletores. Assim, o escoamento não fica obstruído, não se verificando transbordamento à superfície de esgoto, entre outros exemplos nefastos das águas parasitas em redes mal projetadas (Zhang, 2005).

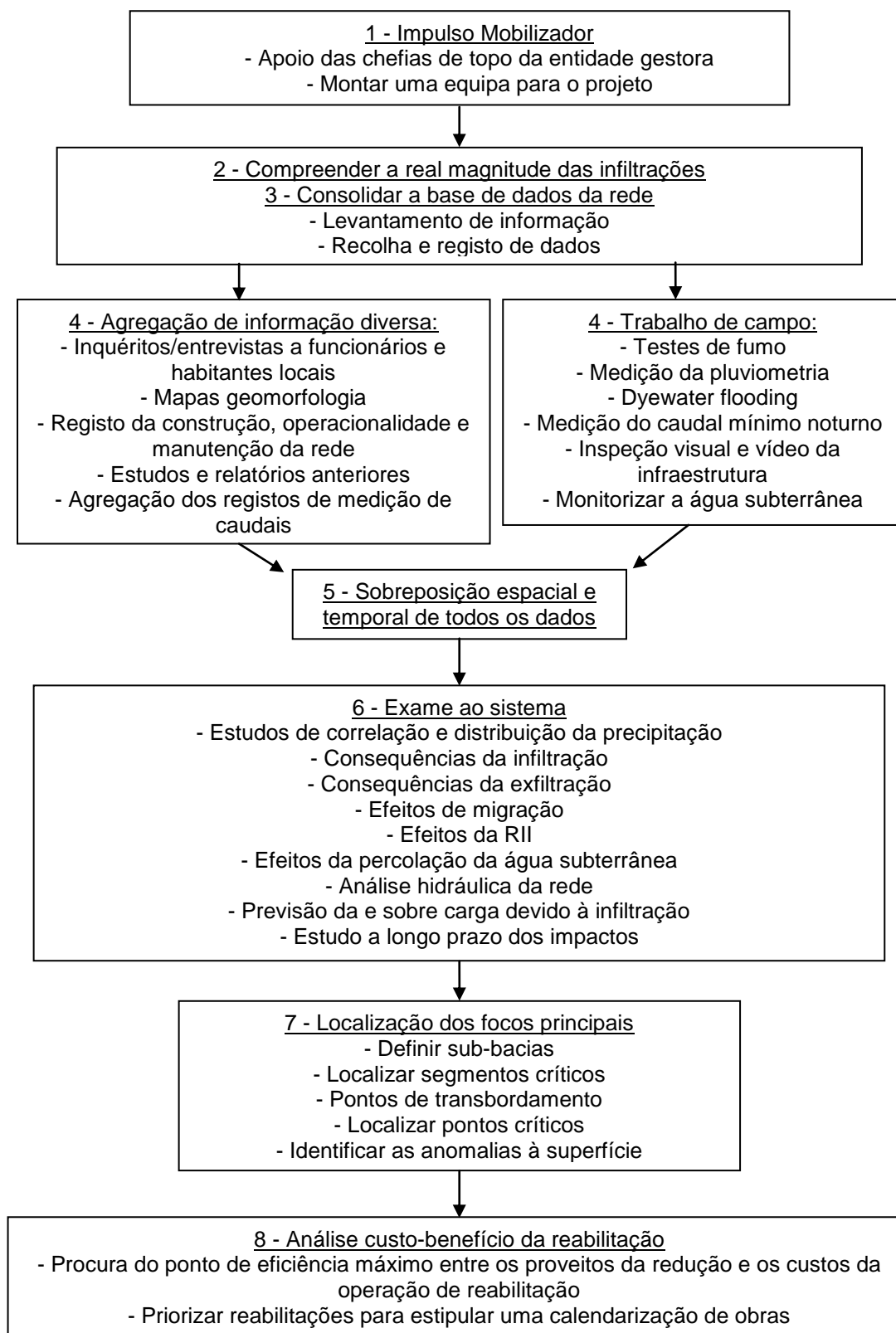
À posterior construção do sistema de saneamento, torna-se mais laborioso a mitigação de infiltrações. Contrariamente à problemática das perdas nos sistemas de abastecimento de água, onde

existe quantificação do caudal na captação, na saída do tratamento, na adução, nos reservatórios, nas ZMC e nos contadores à porta de cada cliente, isso não se verifica nos sistemas de águas residuais. Neste sistema, só há verdadeiramente contabilização de caudais à entrada das estações de tratamento. Em mais nenhuma secção da rede se quantifica, objetivamente, o caudal drenado. Esta situação, dificulta muito mais a redução de infiltração, do que a redução das perdas, pelo simples facto da enorme diferença no conhecimento do problema, devido às medições. No entanto, atualmente é impossível a instalação de caudalímetro em cada cliente dos sistemas de drenagem de águas residuais. Contudo, é aconselhável o incremento constante de secções da rede com tal equipamento de medição.

Seguidamente é apresentada uma sequência de trabalho com o propósito da mitigação de afluências indevidas, até à fase de reabilitação ou processos de requalificação, propriamente dito. Este processo reúne oito etapas distintas, estas são intrínsecas e impreterivelmente consecutivas, ordenadamente como são apresentadas.

- i. Impulso Mobilizador;
- ii. Compreender a real magnitude das infiltrações;
- iii. Consolidar a base de dados da rede;
- iv. Agregação de informação diversa e Trabalho de campo;
- v. Sobreposição espacial e temporal de todos os dados;
- vi. Exame ao sistema;
- vii. Localização dos focos principais;
- viii. Análise custo-benefício da reabilitação;

Continuamente é exposta a sequência a seguir neste procedimento. Explicitando os objetivos a concretizar em cada etapa. Infelizmente não foi possível esmiuçar, mais detalhadamente, cada etapa. No entanto, este processo de mitigação de afluências indevidas já é um bom princípio para a implementação de estratégias próprias das entidades gestoras. As particularidades e especificidades de cada bacia e mais especialmente de cada rede impossibilita a generalização de uma estratégia detalha. Consequentemente restringiu-se o procedimento apresentado neste trabalho, o mais genérico e simplista possível.



Naturalmente, as entidades gestoras conhecem o material, o diâmetro e a localização dos coletores das redes de drenagem jovens, contudo, acerca das redes antigas, somente os antigos funcionários conhecem e esse conhecimento não está registado. Porém, comumente desconhecem-se os parâmetros exteriores à infraestrutura da rede, pertinentes, para ao sobrepor-se essa informação com o mapa de bacia de drenagem se entender plenamente a bacia. Por isso, há que recolher informação mapeada sobre vários aspetos, entre eles:

- Topografia e geomorfologia;
- Águas subterrâneas;
- Idade, material e diâmetro dos coletores;
- Áreas sujeitadas a inundações ou pantanosas.

Esta informação pode permitir obter informações valiosas sobre os problemas de infiltrações da área, tais como:

- Ligações erróneas com as águas pluviais;
- Redes implantadas perto de cursos de água naturais, vales, zonas pantanosas e áreas de inundação;
- Esgotos construídos em solos inadequados ou inapropriados, resultando em juntas abertas ou tubagem fissurada;
- Rede envelhecidas, e/ou construídas com matérias desaconselháveis. Processos construtivos propícios a apresentar maior potencial de infiltração. Caixas e camaras de visita excessivamente deterioradas.

Após a intervenção física na rede, no intuito de mitigação das afluências indevidas, a tarefa não se finda. Ocasionalmente, as operações de melhoria da rede não surtem o efeito pretendido, devido a inúmeras razões, sendo a mais preponderante a migração de águas subterrâneas, que ao encontrarem um obstáculo ao seu percurso, procuram novos caminhos em outras anomalias nos coletores, para entrarem nestes. Visando a perceção do melhoramento obtido pela intervenção é ainda necessário monitorizar, para se quantificar a redução auferida. Seguidamente deve-se converter o valor da redução de metros cúbicos para euros, percebendo assim as mais-valias financeiras conquistadas, no entanto, este valor de redução deve ser reinvestido em novo processo de mitigação de infiltrações (Yoo, 2012).

Este ciclo de, redução, reinvestimento e nova redução, tem como termo, quando o custo de eliminar o caudal excessivo fica mais caro do que o custo de transportar esse mesmo caudal excessivo. Como é esmiuçado na figura 3.6 deste trabalho.

7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 NOTAS FINAIS

A mitigação das afluições indevidas deve ser a prioridade das entidades gestoras de águas residuais. Identicamente às perdas nos sistemas de abastecimento de água, estas são fonte de elevados encargos económicos e redução significativa da eficiência e eficácia na gestão do sistema de drenagem. Contudo, os custos de minimização de infiltração podem ser pagos pelos proveitos obtidos por tal redução.

O trabalho produzido nesta dissertação conduziu a vários resultados quantitativos e qualitativos sobre o caso de estudo, relativo às afluições indevidas. Apesar da bacia de Lanheses ser uma bacia de drenagem simples e de reduzida dimensão, permitiu extrair importantes conclusões do tratamento de dados e análise qualitativa efetuados.

Inicialmente, o estudo desta bacia possibilitou o conhecimento da sua taxa de cobertura e de adesão. Uma taxa de cobertura de 75% é uma percentagem muito boa, porque sendo uma zona rural, a medianamente urbana, seria utópico imaginar uma taxa perto dos 100%. Em contrapartida, a taxa de adesão ainda tem muito que melhorar, já que apesar de 77% da população desta bacia se encontrar coberta pelo sistema, somente 42% aderiu contratualmente à rede. Neste âmbito, é exigido aspirar à igualdade, aproximada ou mesmo completa, destas taxas.

Através da sobreposição temporal da precipitação registada na região, com os volumes medidos na ETAR, concluiu-se que os fenómenos pluviométricos são a causa primordial das infiltrações. Do exame realizado a estes dados, estimou-se que, do total de volume excedentário, ente 20% a 30% são independentes da ocorrência de precipitação, mas que, 80% a 70% advêm diretamente desse mesmo fenómeno.

A qualidade dos resultados obtidos está intrinsecamente ligada à monitorização implementada e à fiabilidade dos equipamentos de medição utilizados. Nesta área da drenagem de águas sépticas, estes dois aspetos são de difícil execução, sendo a construção de uma base de dados fidedigna essencial para a devida averiguação assertiva das águas parasitas.

O fator proximidade é fundamental na medição da pluviosidade. Por isso, é relevante a instalação de um pluviómetro na bacia de drenagem de Lanheses, mais convenientemente dentro da ETAR Lanheses/Geraz do Lima. Assim, em detrimento de se obter dados pluviométricos de locais fora da área de estudo, apesar de serem próximos, não são fidedignos da bacia em estudo. Outro fator é a quantificação de água residual rejeitada por ramal de ligação, dado que esta medição é função dos volumes faturado, e não do real caudal escoado.

Para finalizar, ainda há a mencionar que a coexistência de diferentes entidades gestoras, numa rede de drenagem tão pequena como a de Lanheses, traz mais problemas do que mais-valias. A infiltração é um processo complexo e que, para ser analisado com rigor, exige um estudo exaustivo do sistema de drenagem e do meio físico envolvente. Para concluir esta dissertação, reforça-se a importância de se continuar a investir no estudo do fenómeno da infiltração de águas subterrâneas em redes de drenagem. A nível internacional, tem-se investido na construção de modelos de simulação mais avançados e detalhados, que permitam entender melhor o processo de escoamento e tornem possível identificar as propriedades estruturais dos sistemas que mais influenciam o processo de infiltração. Em Portugal, este tema tem sido pouco explorado, e o nível de conhecimento ainda está aquém de outros países europeus.

O reconhecimento do bom patamar de qualidade dos SMSBVC na gestão, operacionalidade e manutenção dos seus sistemas de drenagem de águas residuais, inspira confiança na resolução do problema de infiltrações na bacia de Lanheses.

Com base nas medidas propostas no capítulo 6, visando a mitigação de afluências indevidas nesta rede, é notória a preponderância da monitorização dos caudais drenados na resolução deste problema. Esta temática exhibe um carácter multidisciplinar complicado de gerir, dificultando a implementação possível implementação da sequência mitigadora exposta no capítulo 6.

7.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Na realização desta dissertação, a maior dificuldade surgiu na obtenção e aglomeração de informação à distância, relativa à bacia de drenagem. O estudo de uma rede de drenagem exige o conhecimento total da sua realidade. Consequentemente, a realização deste trabalho obrigou forçosamente à estadia em Viana do Castelo, especificamente nos SMSBVC, na procura de recolher a informação necessária à execução do caso de estudo desenvolvido neste trabalho. Deste modo, a principal sugestão de trabalhos futuros passa, obrigatoriamente, por dissertações em ambiente empresarial.

Num horizonte próximo, o estudo de afluências indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, passa pela quantificação das infiltrações, distinguindo as suas diferentes parcelas. Porque já existem técnicas de reabilitação de rede de saneamento, suficientemente desenvolvidas para dar uma cabal resposta às infiltrações. Contudo, o reconhecimento dos caudais excedentários, em toda a sua extensão, mantém-se restrito, pois persiste a deficitária localização, quantificação e justificação de tais infiltrações nas redes de drenagem.

Concludentemente os trabalhos futuros passam pela medição fiável dos caudais drenados, com o necessário desenvolvimento de equipamentos com esse objetivo. Também a localização será um tema a desenvolver, embora o CCTV seja uma excelente ferramenta em localizar as fontes de infiltração, não resolve plenamente o problema. Finalmente, a justificação das causas de infiltrações terá de ser atendida. O binómio “causa-efeito” encontra-se muito bem esmiuçado teoricamente, mas na prática ainda está muito obsoleto. É impossível afirmar com segurança a (s) causa (s) originadores das afluências indevidas à rede, porque não existem técnicas, nem metodologias, que ajudem a nessa demanda.

BIBLIOGRAFIA

- ALI, S.; GHOSH, N.; SINGH, R. - *Rainfall-runoff simulation using a normalized antecedent precipitation index. Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*. Vol. 55. n.º 2 (2010). p. 266-274.
- ALMEIDA, S.; MONTEIRO, P. - *Incidence of rainwater flows in wastewater drainage networks- two case studies in municipalities in northern Portugal*. 2004.
- AMORIM, Dora - *Manual do Sistema de Gestão da Qualidade*. 2009. [Consult. em 10 maio 2014]. Disponível em: <<http://www.smsbvc.pt/>>.
- AMORIM, Hélder - *Afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2007. Disponível em: <http://eos.fe.up.pt:1801/webclient/DeliveryManager?custom_att_2=simple_viewer&metadata_request=false&pid=16580>.
- BATMAN, P.; SHELTON, J.; TRAVIS, J. - *Holistic sewer rehabilitation - measures of effectiveness*. 2012. [Consult. em 10 maio 2014]. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84883524899&partnerID=40&md5=bd134e1cdb7976ffefd6628470f9a91c>>.
- BERTOLINO, Murilo - *Avaliação das contribuições de água de chuva provenientes de ligações domiciliares em sistema de esgotamento sanitário separador absoluto*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- BERTRAND-KRAJEWSKI, J. [et al.] - *Towards a better knowledge and management of infiltration and exfiltration in sewer systems: the APUSS project*. 2005. Comunicação apresentada em 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen/Denmark
- BRANDÃO, Paula - *Interceptor Douro - O Sistema Centenário de Saneamento da Cidade do Porto*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.

- BURIAN, S.; EDWARDS, F. - *Historical perspectives of urban drainage*. 2002. Comunicação apresentada em 9th International Conference on Urban Drainage.
- CARDOSO, A.; ALMEIDA, M.; COELHO, S. - *Avaliação do impacto da infiltração no desempenho de sistemas de drenagem urbana*. 2002. Comunicação apresentada em Proceedings of the 9th National Congress on Water, Wastewater and Solid Waste
- CARDOSO, A. [et al.] - *Assessing the impact of infiltration and exfiltration in sewer systems using performance indicators: case studies of the APUSS project*. Water Practice & Technology. Vol. 1. n.º 01 (2006).
- CARDOSO, M. [et al.] - *Melhorar o conhecimento da gestão da infiltração e da exfiltração em sistemas de drenagem urbana: o projecto APUSS*. Water Practice & Technology. Vol. 1. n.º 01 (2006).
- COELHO, Inês - *Variabilidade de aflúências às redes de drenagem de águas residuais. Causas e efeitos versus sustentabilidade económica: Um caso de estudo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013. Disponível em: <<http://www.dart-europe.eu/full.php?id=801510>>.
- DE BÉNÉDITTIS, J.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J. - *Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods*. Sewer Processes and Networks IV. Vol. 52. n.º 3 (2004). p. 219-227.
- DECRETO REGULAMENTAR Nº 23/95 - *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água*. Lisboa: Diário da República, 1995.
- DER TIROLER LANDESREGIERUNG, A.; INDUSTRIEWASSERWIRTSCHAFT, S. - *Estimating groundwater infiltration into sewerages by using the moving minimum method—a survey in Austria*. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008
- DIAS, Alexandre - *Análise da interconexão dos sistemas de esgotos sanitário e pluvial da Cidade do Rio de Janeiro: Valorização das coleções hídricas sob perspectiva sistémica*. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, PEAMB (2003).

- EPA (Environmental Protection Agency) - *Rainfall Induced Infiltration Into Sewer Systems: Report to Congress*. 1990. [Consult. em 15 maio 2014]. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=00000KR5.txt>>.
- EPA (Environmental Protection Agency) - *Sewer System Infrastructure Analysis and Rehabilitation*. 1991. [Consult. em 18 maio 2014]. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=30004DAX.txt>>.
- EPA (Environmental Protection Agency) - *Guide for evaluating capacity, management, operation, and maintenance (CMOM) programs at sanitary sewer collection systems*. 2005.
- ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos) - *Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal 2012*. 2013
- FREDERKING, Jerrod - *Analysis of rainfall and its inflow into mobile, Alabama's, Eslava sewer shed system*. SouthAlabama.edu: Alabama, 2010.
- GALVÃO, Ana - *Comportamento Hidráulico e Ambiental de Zonas Húmidas Construídas Para o Tratamento de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2009.
- GEOLÓGICOS, Direção Geral de Minas e Serviços - *Carta Geológica de Portugal*.
- GREATER DUBLIN DRAINAGE - *Greater Dublin Strategic Drainage Study: Inflow, Infiltration and Exfiltration Policy*. Regional Drainage Policies. Vol. 4. (2005).
- GUSTAFSSON, Lars-Göran - *Alternative drainage schemes for reduction of inflow/infiltration-prediction and follow-up of effects with the aid of an integrated sewer/aquifer model*. 2000. 1st International Conference on Urban Drainage via Internet.
- HAO, O. - *Decolorization of wastewater*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. Vol. 30. n.º 4 (2000). p. 449. [Consult. em 10 maio 2014]. Disponível em: <<http://sfx.fe.up.pt/feup?sid=google&auinit=OJ&aulast=Hao&atitle=Decolorization%20of%20wastewater&id=doi%3A10.1080%2F10643380091184237&title=Critical%20Reviews%20in%20Environmental%20Science%20and%20Technology&volume=30&issue=4&date=2000&spage=449&issn=1064-3389>>.

- HOUHOU, J. - *Isotopic tracing of clear water sources in an urban sewer: A combined water and dissolved sulfate stable isotope approach*. Water research. Vol. 44. n.º 1 (2010). p. 256. [Consult. em 10 maio 2014]. Disponível em: <<http://sfx.fe.up.pt/feup?sid=google&auinit=J&aulast=Houhou&atitle=Isotopic%20tracing%20of%20clear%20water%20sources%20in%20an%20urban%20sewer%3A%20A%20combined%20water%20and%20dissolved%20sulfate%20stable%20isotope%20approach&id=doi%3A10.1016%2Fj.watres.2009.09.024&title=Water%20research&volume=44&issue=1&date=2010&spage=256&issn=0043-1354>>.
- KARPF, C.; HOEFT, S. - *Inflow and Infiltration (I/I) in a separate sewer system—measurements and analysis (2005)*.
- KARPF, C.; KREBS, P. - *Quantification of groundwater infiltration and surface water inflows in urban sewer networks based on a multiple model approach*. Water research. Vol. 45. n.º 10 (2011). p. 3129-3136. *Water Research*, IWA, 45(10), 3129-36.
- KRACHT, O.; GRESCH, M.; GUJER, W. - *A stable isotope approach for the quantification of sewer infiltration*. Environmental science & technology. Vol. 41. n.º 16 (2007). p. 5839-5845.
- LANHESES, Junta de Freguesia de - [Consult. em 5 maio 2014]. Disponível em: <<http://www.jf-lanheses.com/?m=historia&id=844>>.
- MARQUES, Miguel - *Metodologias para aplicação do princípio do ciclo de vida a sistemas de drenagem de águas residuais*. Porto, 2010. [Consult. em 10 maio 2014]. Disponível em: <http://digitool.fe.up.pt:1801/webclient/DeliveryManager?custom_att_2=simple_viewer&metadata_request=false&pid=229199>. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- MATOS, José - *Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano*. Revista Engenharia Civil. n.º 16 (2003). Universidade do Minho
- METCALF, L.; EDDY, H.; TCHOBANOGLOUS, G. - *Wastewater engineering : treatment, disposal, and reuse*. New York: McGraw-Hill, 2004.
- MIKALSON, Daley - *Development of Analytical Probabilistic Models for the Estimation of Rainfall Derived Inflow/Infiltration Frequency*. Ann Arbor: University of Toronto (Canada), 2011. [Consult. em 2 maio 2014]. Disponível em: <<http://search.proquest.com/docview/927605309?accountid=43623>>. A thesis submitted in

conformity with the requirements for the degree of Master of Applied Science Graduate Department of Civil Engineering University of Toronto

- MOURA, Priscilla - *Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Brasil, 2004.
- NÚCLEO EXECUTIVO DO CLAS DE VIANA DO CASTELO - *Diagnóstico Social de Viana do Castelo*. 2013. [Consult. em 16 maio 2014]. Disponível em: <www.cm-viana-castelo.pt>.
- PACTO DE AUTARCAS - *Plano de ação para a sustentabilidade energética*. 2011. www.cm-viana-castelo.pt/pt/pacto-de-autarcas
- PATO, João - *História das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas em Portugal*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), 2011.
- PAWLOWSKI, C. [et al.] - *Some Factors Affecting Inflow and Infiltration from Residential Sources in a Core Urban Area: Case Study in a Columbus, Ohio, Neighborhood*. Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 140. n.º 1 (2014). p. 105-114. [Consult. em 10 maio 2014]. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29HY.1943-7900.0000799>>.
- RAHMAN, N.; ALIAS, N. - *Evaluation of design criteria for inflow & infiltration of medium scale sewerage catchment system*. Universiti Teknologi Malaysia, 2007. eprints.utm.my/3848/1/74281.pdf
- RODRIGUES, Vera - *Avaliação de Infiltração em Drenagem Urbana Recorrendo a Métodos Convencionais e não Convencionais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal, 2013.
- STAUFER, P.; SCHEIDEGGER, A.; RIECKERMANN, J. - *Assessing the performance of sewer rehabilitation on the reduction of infiltration and inflow*. Water Research. Vol. 46. n.º 16 (2012). p. 5185-5196. [Consult. em 18 abril 2014]. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412004836>>.
- TUOMARI, D.; THOMPSON, S. - *"Sherlocks of stormwater" effective investigation techniques for illicit connection and discharge detection*. Proceedings of the Water Environment Federation. Vol. 2004. n.º 16 (2004). p. 1252-1259.

- VAES, G.; WILLEMS, P.; BERLAMONT, J. - *Filtering method for infiltration flow quantification*. 2005. Comunicação apresentada em CD-ROM Proceedings 10th International Conference on Urban Drainage.
- YOO, C. - *Quantification of Flood Runoff Reduction Effect of Storage Facilities by the Decrease in CN*. Journal of hydrologic engineering. Vol. 18. n.º 6 (2012). p. 729. [Consult. em 28 maio 2014]. Disponível em: <<http://sfx.fe.up.pt/feup?sid=google&auinit=C&aulast=Yoo&atitle=Quantification%20of%20Flood%20Runoff%20Reduction%20Effect%20of%20Storage%20Facilities%20by%20the%20Decrease%20in%20CN&id=doi%3A10.1061%2F%28ASCE%29HE.1943-5584.0000661&title=Journal%20of%20hydrologic%20engineering&volume=18&issue=6&date=2012&spage=729&issn=1084-0699>>.
- ZHANG, Z. - *Flow data, inflow/infiltration ratio, and autoregressive error models*. Journal of Environmental Engineering. Vol. 131. n.º 3 (2005). p. 343-349. [Consult. em 9 maio 2014]. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-14644401135&partnerID=40&md5=e49df4d1bac97654f971d6612683b992>>.

ANEXOS

ANEXO A

Precipitação

Quadro 1 A Total e máximo diário de precipitação em Viana do Castelo, 2005 a 2011, Fonte: INE, I.P., Anuário Estatístico da Região Norte

| | Total (mm) | Máxima diária (mm) | Mês com maior precipitação | Total (mm) |
|------|------------|--------------------|----------------------------|------------|
| 2011 | 1 153,6 | 122,8 | Novembro | 239,6 |
| 2010 | 1 447,3 | 120,9 | Outubro | 317,5 |
| 2009 | 1 457,3 | 59,0 | Dezembro | 333,3 |
| 2008 | 1 081,2 | 51,1 | Abril | 207,4 |
| 2007 | 786,0 | 54,0 | Fevereiro | 192,2 |
| 2006 | 1 504,0 | 68,0 | Novembro | 308,8 |
| 2005 | 924,2 | 79 | Outubro | 310,5 |

Quadro 2 A – Registos de precipitação entre 2009 e 2013, dados PORDATA

| Ano | Precipitação (mm) |
|------|-------------------|
| 2009 | 1491 |
| 2010 | 1447 |
| 2011 | 1181 |
| 2012 | 966 |
| 2013 | 1485 |

ANEXO B

Estação Elevatória



Figura 1 Representação em projeto da Estação Elevatória



Figura 2 Fotografia do poço

Quadro 3 Dados fornecidos pela Águas do Noroeste relativos ao funcionamento da Estação Elevatória

| Horas de funcionamento | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------|---------|----------|----------|
| | janeiro | fevereiro | março | abril | maio | junho | julho | agosto | setembro | outubro | novembro | dezembro |
| ano 2011 | 488 | 230 | 119 | 133 | 70 | 77 | 182 | 213 | 56 | 126 | 158 | 146 |
| ano 2012 | 112 | 73 | 112 | 96 | 247 | 180 | 239 | 141 | 73 | 213 | 108 | 450 |
| ano 2013 | 904 | 504 | 503 | 834 | 181 | 115 | 75 | 81 | 119 | 349 | 421 | 198 |

ANEXO C

ETAR de Lanheses/Geraz do Lima



Figura 5 Monitor do caudalímetro



Figura 6 Cruzamento da rede de Lanheses com uma menor de Ponte de Lima, visualização do caudalímetro



Figura 7 Fotografia dos tanques de tratamento da ETAR

ANEXO D

Ensaaios de estanquidade da rede



Figura 8 Ensaio de estanquidade da rede



Figura 9 Introdução do robot para o ensaio CCTV

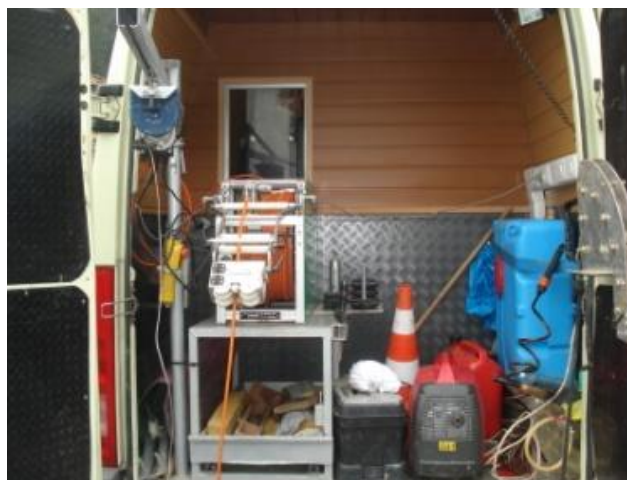


Figura 10 Equipamentos do ensaio CCTV

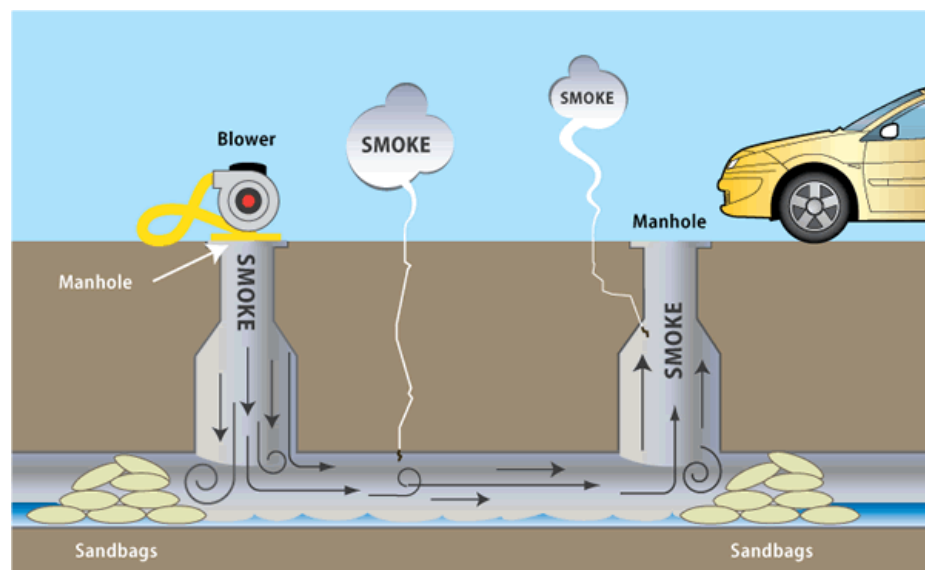


Figura 11 Esquematização do ensaio de injeção de fumo



Figura 13 Imagem típica de infiltração numa junta entre coletores, utilizando o CCTV, www.surrey.ca



Figura 14 Robot do CCTV usual



Figura 15 Ensaio Limpeza da rede



Figura 16 Resultado do ensaio de marcadores

ANEXO E

Gráficos resultantes do método dos isótopos

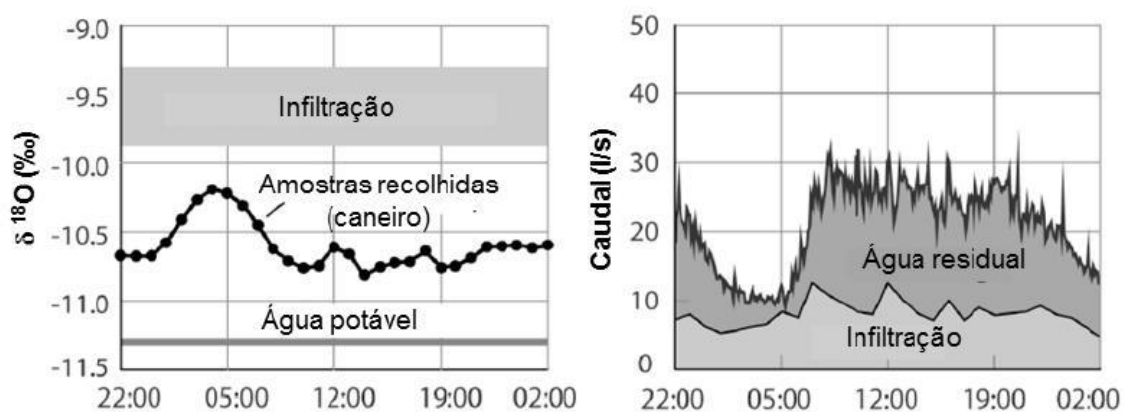


Figura 17 Caracterização isotópica e decomposição do hidrograma diário nas suas componentes básicas: águas residuais e infiltração (Kracht e Gujer 2004)

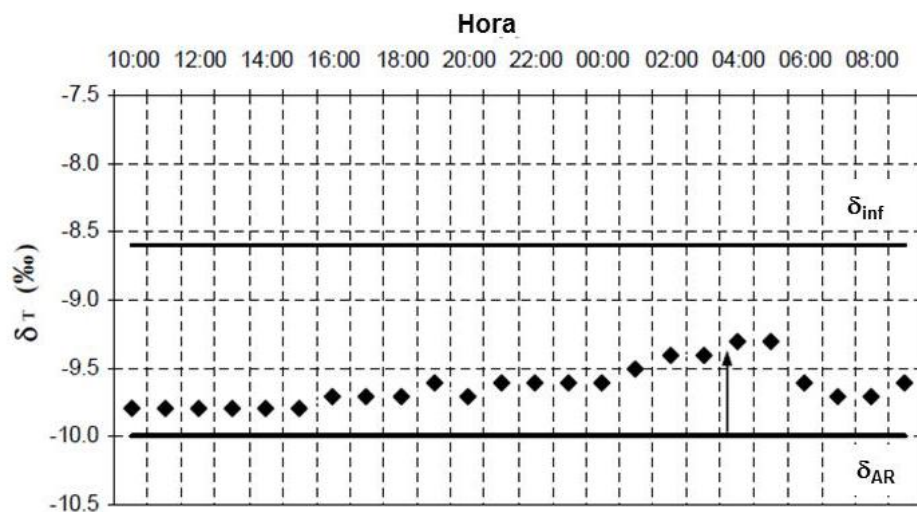


Figura 18 Valores de $\delta^{18}\text{O}$ medidos na bacia de Ecully (Lyon) em 12 e 13 de Março de 2003. Adaptada de De Bénédittis e Bertrand-Krajewski (2004b)

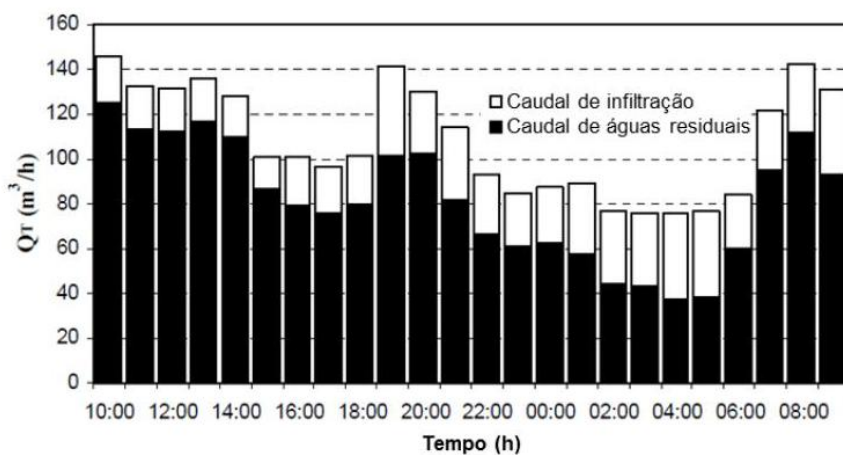


Figura 19 Composição de um hidrograma diário usando o método dos isótopos. Adaptada de De Bénédittis e Bertrand-Krajewski (2004b)

ANEXO F

Dados disponibilizados pelos SMSBVC

Quadro 4 Dados dos volumes medidos na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima, unicamente referentes à bacia de drenagem de Lanheses

| Volumes medidos de Lanheses na ETAR (m3) | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|---------|
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | TOTAL | Máx/Mín |
| Lanheses 2009 | 27508 | 17890 | 12350 | 13302 | 10560 | 12065 | 10623 | 8843 | 7288 | 9057 | 13342 | 27378 | 170206 | 3,77 |
| Lanheses 2010 | 14425 | 10038 | 10982 | 7864 | 5680 | 5069 | 2277 | 7523 | 4381 | 8465 | 14987 | 14014 | 105705 | 6,58 |
| Lanheses 2011 | 25040 | 13206 | 6861 | 7304 | 5592 | 4845 | 4762 | 4548 | 3927 | 5742 | 11211 | 9507 | 102545 | 6,38 |
| Lanheses 2012 | 6134 | 5236 | 5171 | 8418 | 12021 | 6111 | 4960 | 5883 | 5155 | 6609 | 6558 | 18810 | 91066 | 3,79 |
| Lanheses 2013 | 32065 | 22028 | 22865 | 32213 | 12100 | 8694 | 8519 | 6175 | 7431 | 24603 | 23657 | 21510 | 221860 | 5,22 |
| Lanheses 2014 | 38998 | 32787 | 23032 | 17775 | | | | | | | | | | 2,19 |

Quadro 5 Registos de todas as caixas de visita da rede de drenagem de Lanheses

| Data | N.º caixa inspeccionada | N.º polícia ou contador | Profundidade (m) | Estado | Observações | Testes de fumos |
|------------|----------------------------|-------------------------|---------------------|------------|--|-----------------|
| 24-10-2011 | 1 | 34 | 1,30 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 2 | 30 | 1,05 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 3 | 24 | 1,20 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 4 | 101 | 1,20 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 5 | 99 | 1,25 | Não ligada | limpar | |
| 24-10-2011 | 6 | 120 | 1,20 | Não ligada | | |
| 24-10-2011 | 7 | 74 | 1,10 | Ligada | desviar caixa do muro e corrigir contra-inclinação | |
| 24-10-2011 | 8 | s/n | 1,05 | Não ligada | | |
| 24-10-2011 | 9 | 185684 | 1,15 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 10 | ? | 1,20 | Não ligada | corrigir ângulo do telescópico | |
| 24-10-2011 | 11 | 10 | 0,93 | Ligada | inclui o Talho Rocha | |
| 24-10-2011 | 12 | s/n | 0,93 | Não ligada | | |
| 24-10-2011 | 13 | 21 | 0,90 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 14 | rede paralela | 1,10 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 15 | 63 | 0,90 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 16 | s/n | 0,80 | Não ligada | | |
| 24-10-2011 | 17 | rede paralela | 1,50 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 18 | s/n | 1,15 | Não ligada | | |
| 24-10-2011 | 19 | 121 | 0,80 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 20 | rede paralela | 1,40 | Ligada | | |
| 24-10-2011 | 21 | s/n | 0,80 | Não ligada | | |
| 24-10-2011 | 22 | s/n | 0,80 | Não ligada | | |

| | | | | | |
|------------|----|--------------------|------|------------|---|
| 24-10-2011 | 23 | 169 | 0,85 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 24 | 183 | 0,85 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 25 | 203 | 1,00 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 26 | s/n | 0,85 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 27 | 339628 | 1,00 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 28 | 331 (R. do Sobral) | 0,65 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 29 | ? | 0,70 | Ligada | corre água limpa, instalação sem contador |
| 24-10-2011 | 30 | s/n | 1,05 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 31 | 268 | 0,95 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 32 | 253 | 0,95 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 33 | rede paralela | 1,35 | Ligada | limpar e vedante à vista |
| 24-10-2011 | 34 | s/n | 0,90 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 35 | 334 | 0,85 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 36 | 335 | 0,90 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 37 | 28 | 0,94 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 38 | rede paralela | 1,27 | Ligada | telescópico a separar-se da tampa FFD |
| 24-10-2011 | 39 | s/n | 1,15 | Não ligada | limpar e telescópico a separar-se da tampa FFD |
| 24-10-2011 | 40 | rede paralela | 1,17 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 41 | 469 | 0,85 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 42 | 83 | 0,90 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 43 | rede paralela | 1,54 | Ligada | telescópico separado do aumento |

| | | | | | |
|------------|----|-------------------------------|------|------------|---|
| 24-10-2011 | 44 | s/n | 1,10 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 45 | 247 | 1,20 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 46 | 182 | 1,10 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 47 | 216 | 1,07 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 48 | rede paralela | | Ligada | não abre, parafuso moído |
| 24-10-2011 | 49 | s/n | 1,00 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 50 | 9 | 0,95 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 51 | 32 | 1,00 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 52 | 33 | 1,08 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 53 | rede paralela | 1,33 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 54 | 212083 | 0,95 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 55 | s/n | | Não ligada | não abre |
| 24-10-2011 | 56 | 81 | 1,24 | Ligada | |
| 24-10-2011 | 57 | s/n | 0,84 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 58 | s/n | | Não ligada | não abre |
| 24-10-2011 | 59 | rede paralela | | Ligada | não abre |
| 24-10-2011 | 60 | s/n | 0,97 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 61 | 45224 | | | não abre, parafuso moído |
| 24-10-2011 | 62 | rede paralela | 1,42 | Não ligada | telescópico dentro de telescópico |
| 24-10-2011 | 63 | 189 | 1,37 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 64 | s/n | 1,03 | Não ligada | |
| 24-10-2011 | 65 | Não encontrada? Ou não vista? | | | |
| 25-10-2011 | 66 | 33 | 0,97 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 67 | s/n | 1,10 | Não ligada | base ao contrário mas com |

| | | | | | inclinação |
|------------|----|---------------|------|------------|----------------------------|
| 25-10-2011 | 68 | 72 | 1,45 | Ligada | pouca inclinação |
| 25-10-2011 | 69 | 88 | 1,30 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 70 | 71 | 1,58 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 71 | 122 | 1,30 | Ligada | telescópio muito inclinado |
| 25-10-2011 | 72 | 340 | 1,20 | Ligada | base ao contrário |
| 25-10-2011 | 73 | s/n | 1,00 | Não ligada | |
| 25-10-2011 | 74 | s/n | ? | Não ligada | com muito aterro |
| 25-10-2011 | 75 | s/n | 1,00 | Não ligada | |
| 25-10-2011 | 76 | s/n | 1,10 | Não ligada | |
| 25-10-2011 | 77 | s/n | 1,00 | Não ligada | |
| 25-10-2011 | 78 | rede paralela | 1,10 | Não ligada | |
| 25-10-2011 | 79 | 6A | 1,40 | Não ligada | |
| 25-10-2011 | 80 | s/n | 1,82 | Não ligada | |
| 25-10-2011 | 81 | 7E | 1,84 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 82 | 7D | 1,80 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 83 | 7C | 1,77 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 84 | 7B | 1,70 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 85 | 7A | 1,70 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 86 | s/n | 1,55 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 87 | 8A | 1,80 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 88 | rede paralela | 1,60 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 89 | 8B | 1,70 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 90 | s/n | 1,60 | Ligada | |
| 25-10-2011 | 91 | 7F | 1,35 | Ligada | |

| | | | | | | |
|------------|-----|---------------|------|------------|--|---------------------------------------|
| 25-10-2011 | 92 | 7G | 1,40 | Ligada | | |
| 25-10-2011 | 93 | 7H | 1,46 | Ligada | | |
| 25-10-2011 | 94 | 7I | 1,40 | Ligada | | |
| 25-10-2011 | 95 | 7J | 1,57 | Ligada | | |
| 25-10-2011 | 96 | s/n | 1,45 | Ligada | | |
| 25-10-2011 | 97 | 6B | 1,33 | Ligada | | |
| 25-10-2011 | 98 | s/n | 1,60 | Não ligada | | |
| 25-10-2011 | 99 | s/n | 1,85 | Não ligada | | |
| 25-10-2011 | 100 | s/n | 1,58 | Ligada | muito efluente. Recial | |
| 25-10-2011 | 101 | s/n | 1,50 | Não ligada | | |
| 25-10-2011 | 102 | s/n | 1,60 | Não ligada | | |
| 25-10-2011 | 103 | s/n | 1,80 | Não ligada | infiltrações | |
| 25-10-2011 | 104 | s/n | 1,70 | Não ligada | Atlanti.Co | |
| 25-10-2011 | 105 | s/n | 1,60 | Ligada | Atlanti.Co | |
| 25-10-2011 | 106 | s/n | 1,70 | Não ligada | | |
| 25-10-2011 | 107 | s/n | 1,73 | Não ligada | | |
| 21-02-2012 | 108 | 2146 | 0,92 | Ligada | infiltrações pequenas | tampa e ventilação do wc |
| 21-02-2012 | 109 | 2118 | 0,96 | Não ligada | | |
| 21-02-2012 | 110 | 2110 | 1,60 | Ligada | infiltração média | ok |
| 21-02-2012 | 111 | 2090 | 0,94 | Não ligada | | ok |
| 21-02-2012 | 112 | 2057 | 0,87 | Ligada | contador obstruído - cons. 71208 | ok |
| 21-02-2012 | 113 | s/n | 0,94 | Não ligada | | ok |
| 21-02-2012 | 114 | 2050 | 0,78 | Ligada | | fumo sob o telhado |
| 21-02-2012 | 115 | rede paralela | 1,00 | Ligada | | ok |
| 21-02-2012 | 116 | 1986 | 0,84 | Ligada | | ventilação do wc e ligação à cx ramal |

| | | | | | | |
|------------|-----|--------------------|------|------------|--------------------|--|
| 21-02-2012 | 117 | 1966 | 0,90 | Não ligada | | |
| 21-02-2012 | 118 | 1973 | 0,79 | Ligada | | ok |
| 21-02-2012 | 119 | 1954 | 0,94 | Ligada | | tampa |
| 21-02-2012 | 120 | 1930 | 0,74 | Ligada | | ok |
| 21-02-2012 | 121 | s/n | 1,03 | Não ligada | | |
| 21-02-2012 | 122 | s/n | 1,10 | Não ligada | | |
| 23-02-2012 | 123 | 24 | 1,15 | Não ligada | partida - Politejo | ok |
| 23-02-2012 | 124 | 557 | 1,44 | Não ligada | | tampa |
| 23-02-2012 | 125 | 1708 | 0,83 | Ligada | comércio | tampas |
| 23-02-2012 | 126 | 1695 | 1,27 | Ligada | | ok |
| 23-02-2012 | 127 | 1665 | 0,89 | Ligada | desabitada | ok |
| 23-02-2012 | 128 | 1639 | 1,12 | Ligada | | tampas |
| 23-02-2012 | 129 | 74 | 1,46 | Ligada | | grelha pluvial |
| 23-02-2012 | 130 | 1660 | 0,46 | Ligada | | ok |
| 23-02-2012 | 131 | 1634 | 0,87 | Ligada | | ok |
| 23-02-2012 | 132 | 1602 | 0,98 | Ligada | à venda | tubo de queda ligado ou --- + cx + mosaico |
| 23-02-2012 | 133 | 7 | 1,37 | Ligada | | tampa |
| 23-02-2012 | 134 | 19 | 0,86 | Ligada | | ok |
| 23-02-2012 | 135 | 55 | 1,36 | Ligada | | ok |
| 23-02-2012 | 136 | s/n - cont. 329066 | 1,38 | Ligada | | tampa |
| 23-02-2012 | 137 | 1504 | 0,99 | Ligada | | tampa |
| 23-02-2012 | 138 | ? Início rede ? | 1,09 | Não ligada | | |
| 23-02-2012 | 139 | 1491 | 1,38 | Ligada | | ok |
| 23-02-2012 | 140 | 42 | 0,82 | Ligada | | tampa |
| 28-02-2012 | 141 | 1477 | 1,08 | Ligada | | tampa |
| 28-02-2012 | 142 | 1445 | 1,03 | Ligada | | tampa |

| | | | | | |
|------------|-----|------|------|------------|----------------------------|
| 28-02-2012 | 143 | 1415 | 1,00 | Ligada | tampa |
| 28-02-2012 | 144 | 1384 | 0,91 | Ligada | tampa - tubo não estanque |
| 28-02-2012 | 145 | 1373 | 0,93 | Ligada | tampas - tanque ligado |
| 28-02-2012 | 146 | 1351 | 0,90 | Ligada | tubo de queda ligado |
| 28-02-2012 | 147 | 1263 | 1,10 | Ligada | caixa com raízes tampas |
| 28-02-2012 | 148 | 1256 | 1,11 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 149 | 1212 | 0,94 | Não ligada | |
| 28-02-2012 | 150 | 1207 | 1,21 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 151 | 4 | 0,72 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 152 | 1 | 0,86 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 153 | 1162 | 1,43 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 154 | 1171 | 0,88 | Ligada | ok |
| 28-02-2012 | 155 | 1143 | 1,12 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 156 | 1142 | 1,06 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 157 | 1111 | 1,22 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 158 | 1112 | 1,05 | Ligada | ok |
| 28-02-2012 | 159 | 1104 | 1,08 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 160 | 92 | 1,13 | Ligada | tampas |
| 28-02-2012 | 161 | 122 | 1,22 | Não ligada | |
| 29-02-2012 | 162 | 1062 | 0,82 | ? | |
| 29-02-2012 | 163 | 1054 | 1,03 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 164 | 1040 | 1,02 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 165 | 1049 | 1,13 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 166 | 1026 | 1,07 | Não ligada | |
| 29-02-2012 | 167 | 9?? | 0,87 | Ligada | tampas |
| 29-02-2012 | 168 | 964 | 0,91 | Ligada | tampas |
| 29-02-2012 | 169 | 946 | 1,11 | Ligada | ok |

| | | | | | |
|------------|-----|------------|------|----------------|----------------------|
| 29-02-2012 | 170 | 2 | 0,94 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 171 | 949 | 1,15 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 172 | 858 | 1,13 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 173 | 2940789 | 0,85 | Ligada | tampas |
| 29-02-2012 | 174 | 08DA328795 | 1,16 | Não ligada | |
| 29-02-2012 | 175 | 805 | 1,33 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 176 | 8 | 1,50 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 177 | 722 | 1,16 | Ligada | tubo de queda ligado |
| 29-02-2012 | 178 | s/n | 1,10 | Não ligada | |
| 29-02-2012 | 179 | 76 | 0,93 | Ligada | tampa |
| 29-02-2012 | 180 | | | não encontrada | |
| 29-02-2012 | 181 | 195 | 0,90 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 182 | 195 | 0,92 | Ligada | ok |
| 29-02-2012 | 183 | 127341/05 | 0,91 | Ligada | tampa |
| 29-02-2012 | 184 | 232 | 0,98 | Ligada | tampa |
| 01-03-2012 | 185 | s/n | 0,95 | Não ligada | lote sem construção |
| 01-03-2012 | 186 | 305 | 0,94 | Ligada | ? |
| 01-03-2012 | 187 | 319 | 1,00 | Ligada | ok |
| 01-03-2012 | 188 | 331 | 1,20 | Ligada | ok |
| 01-03-2012 | 189 | ? | 1,20 | Não ligada | Estádio |
| 01-03-2012 | 190 | 340 | ? | Ligada | ? |
| 01-03-2012 | 191 | s/n | 0,85 | Não ligada | lote sem construção |
| 01-03-2012 | 192 | 367 | 1,06 | Ligada | ok |
| 01-03-2012 | 193 | 389 | 0,99 | Não ligada | |
| 01-03-2012 | 194 | 386 | 0,96 | Ligada | ok |
| 01-03-2012 | 195 | 389 | 0,94 | Não ligada | |

| | | | | | | |
|------------|-----|------------|------|------------|---------------------------------|----------------------|
| 01-03-2012 | 196 | 414 | 1,03 | Ligada | ligação mal feita no aumento | |
| 01-03-2012 | 197 | 09PA036430 | 0,85 | Não ligada | | |
| 01-03-2012 | 198 | 447 | 0,95 | Ligada | | tubo de queda ligado |
| 01-03-2012 | 199 | 739849 | | Ligada | coberta com betuminoso | |
| 01-03-2012 | 200 | 426 | 0,84 | Não ligada | | |
| 01-03-2012 | 201 | 440 | | | coberta com betuminoso | |
| 01-03-2012 | 202 | 447 | 0,82 | Ligada | | ok |
| 01-03-2012 | 203 | 491 | 0,85 | Ligada | | tampas |
| 01-03-2012 | 204 | s/n | 0,92 | Não ligada | lote sem construção | |
| 01-03-2012 | 205 | s/n | 0,94 | Não ligada | lote sem construção | |
| 01-03-2012 | 206 | 55 | | | coberta com betuminoso | |
| 01-03-2012 | 207 | 50 | 1,00 | Ligada | | ok |
| 01-03-2012 | 208 | 42 | 0,94 | Ligada | | tampas |
| 01-03-2012 | 209 | 548 | 0,84 | Ligada | | tampas |
| 01-03-2012 | 210 | 604 | 0,69 | Ligada | | sarjeta ligada |
| 01-03-2012 | 211 | 638 | 0,84 | Ligada | | tampas |
| 01-03-2012 | 212 | s/n | 0,73 | Não ligada | lote sem construção | |
| 01-03-2012 | 213 | 338 | 0,61 | Ligada | | tampas |
| 01-03-2012 | 214 | 258 | 0,98 | Ligada | supermercado | ok |
| 02-03-2012 | 215 | 226 | 0,86 | Não ligada | | |
| 02-03-2012 | 216 | 249 | 0,87 | Não ligada | | |
| 02-03-2012 | 217 | cont 1478 | 0,82 | Não ligada | escola primária | |
| 02-03-2012 | 218 | 38 | 0,93 | Ligada | bombagem | |

| | | | | | | |
|------------|-----|---------------|------|------------|--|-------------------------------|
| 02-03-2012 | 219 | s/n | 0,90 | Não ligada | lote sem construção | |
| 02-03-2012 | 220 | 62 | 0,90 | Ligada | bombagem | |
| 02-03-2012 | 221 | 66 | 0,98 | Não ligada | | |
| 02-03-2012 | 222 | 92 | 1,60 | ? | obstruída | |
| 02-03-2012 | 223 | s/n | 0,96 | Não ligada | lote sem construção | |
| 02-03-2012 | 224 | s/n | 0,82 | Não ligada | lote sem construção | |
| 02-03-2012 | 225 | s/n | 1,04 | Não ligada | lote sem construção; subir, trocar tampa e desobstruir | |
| 02-03-2012 | 226 | 140 | 0,96 | Ligada | | tampas |
| 02-03-2012 | 227 | rede paralela | 1,56 | Ligada | | |
| 02-03-2012 | 228 | 162 | 0,96 | Ligada | | tampas |
| 02-03-2012 | 229 | 176 | 0,99 | Ligada | | ok |
| 02-03-2012 | 230 | rede paralela | 1,50 | Ligada | aumento de 400 necessita ser trocado | |
| 02-03-2012 | 231 | 194 | 0,90 | Ligada | | precisa tapar tubo |
| 02-03-2012 | 232 | 206 | 0,96 | Ligada | | ok |
| 02-03-2012 | 233 | 226 | 0,93 | Ligada | | ok |
| 02-03-2012 | 234 | 252 | 0,95 | Não ligada | | |
| 02-03-2012 | 235 | rede paralela | 1,50 | Ligada | obstruída | |
| 02-03-2012 | 236 | 278 | 0,95 | Ligada | | tampas |
| 02-03-2012 | 237 | 294 | 1,10 | Ligada | | tampas |
| 02-03-2012 | 238 | 311 | 0,86 | Ligada | | ok |
| 02-03-2012 | 239 | 310 | 1,06 | Ligada | | tubo de águas pluviais ligado |
| 02-03-2012 | 240 | rede paralela | 1,70 | Ligada | | |

| | | | | | | |
|------------|-----|---------------|------|------------|---|----------------------------------|
| 02-03-2012 | 241 | rede paralela | 1,70 | Ligada | | |
| 02-03-2012 | 242 | s/n | 0,96 | Não ligada | | tamponada |
| 02-03-2012 | 243 | 382 | 0,96 | Ligada | | |
| 02-03-2012 | 244 | rede paralela | 1,56 | Ligada | | |
| 02-03-2012 | 245 | 361 | 1,10 | Ligada | | tampas |
| 02-03-2012 | 246 | 493 | 2,10 | Ligada | | necessita nova inspeção de fumos |
| 05-03-2012 | 247 | s/n (lote) | 1,30 | Não ligada | tampa partida | tamponada |
| 05-03-2012 | 248 | 699 | 1,27 | Ligada | s/ aumento | |
| 05-03-2012 | 249 | 672 | 1,20 | Não ligada | | tamponada |
| 05-03-2012 | 250 | s/n (lote) | 1,26 | Não ligada | | tamponada |
| 05-03-2012 | 251 | s/n (lote) | 1,18 | Não ligada | | tamponada |
| 05-03-2012 | 252 | 635 | 1,00 | Ligada | | tampas |
| 05-03-2012 | 253 | 602 | 1,46 | | borracha da tampa está fora, necessita ser reposta | |
| 05-03-2012 | 254 | 578 | 1,50 | | borracha da tampa está fora, necessita ser reposta | |
| 05-03-2012 | 255 | s/n (lote) | 1,37 | Não ligada | | tamponada |
| 05-03-2012 | 256 | s/n (lote) | 1,20 | Não ligada | | tamponada |
| 05-03-2012 | 257 | 507 | 1,05 | Ligada | | |
| 05-03-2012 | 258 | s/n (lote) | | | está soterrada, precisa levar detetor de metais | |
| 05-03-2012 | 259 | Centro Social | 1,20 | Não ligada | tubo PVC 125 ligado mas não tem aumento. Ramal não está em funcionamento | |

| | | | | | | |
|------------|-----|----------------------|------|------------|-----------------|-------------------------------|
| 05-03-2012 | 260 | 465 | 1,40 | Ligada | | |
| 05-03-2012 | 261 | s/n | 1,01 | Não ligada | | tamponada |
| 05-03-2012 | 262 | s/n (lote) | 1,02 | Não ligada | | tamponada |
| 05-03-2012 | 263 | s/n | 1,36 | Ligada | | |
| 05-03-2012 | 264 | 52 | 0,89 | Não ligada | limpeza | tamponada |
| 05-03-2012 | 265 | s/n | 0,80 | Não ligada | está inclinada | tamponada |
| 05-03-2012 | 266 | Contador 011PA102567 | 0,60 | Ligada | | tampas |
| 05-03-2012 | 267 | s/n (lote) | 0,84 | Não ligada | subir tampa | tamponada |
| 05-03-2012 | 268 | Contador 07PA020147 | 0,80 | Ligada | | |
| 05-03-2012 | 269 | 68 | 0,97 | Não ligada | | |
| 05-03-2012 | 270 | 145 | 0,92 | Não ligada | | |
| 05-03-2012 | 271 | 167 | 1,06 | Ligada | | tampas |
| 05-03-2012 | 272 | 257 | 1,16 | Ligada | | tampas |
| 06-03-2012 | 273 | Escola C+S | 0,92 | Ligada | | tubo de águas pluviais ligado |
| 06-03-2012 | 274 | 124 | 1,04 | Ligada | | tampas |
| 06-03-2012 | 275 | 130 | 1,11 | Ligada | | tampas |
| 06-03-2012 | 276 | s/n (lote) | 1,00 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 277 | s/n (lote) | 1,00 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 278 | s/n (lote) | 1,02 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 279 | s/n (lote) | 0,75 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 280 | s/n (lote) | | | soterrada | |
| 06-03-2012 | 281 | 253 | 0,80 | Ligada | | tampas |
| 06-03-2012 | 282 | rede paralela | 0,98 | Ligada | quase obstruída | |
| 06-03-2012 | 283 | 21 | 0,98 | Ligada | | |
| 06-03-2012 | 284 | 32 | 0,58 | Ligada | | |
| 06-03-2012 | 285 | 250 | 1,25 | Ligada | | tampas |

| | | | | | | |
|------------|-----|----------------------------|------|------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 06-03-2012 | 286 | s/n (lote) | 0,94 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 287 | s/n (prédio) | 0,54 | Ligada | | |
| 06-03-2012 | 288 | s/n (prédio) | 0,69 | Ligada | ramal pluvial | |
| 06-03-2012 | 289 | s/n (prédio) | 0,35 | Ligada | ramal pluvial | |
| 06-03-2012 | 290 | s/n (lote) | 0,95 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 291 | 517 | 0,80 | Não ligada | | tampas |
| 06-03-2012 | 292 | s/n (lote) | 1,03 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 293 | s/n | 0,96 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 294 | s/n | 0,96 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 295 | 387 | 0,88 | Ligada | subir fundo | |
| 06-03-2012 | 296 | s/n | 0,84 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 297 | Centro de Saúde | 0,90 | Não ligada | não tem ligação residual à rede | tamponada |
| 06-03-2012 | 298 | s/n (lote) | 1,12 | Não ligada | | tamponada |
| 06-03-2012 | 299 | 595 | 1,10 | Ligada | trocar tampa de cimento por metálica | |
| 06-03-2012 | 300 | 531 - Contador 07PA013667 | 0,84 | Ligada | | sarjetas ligadas à rede residual |
| 07-03-2012 | 301 | s/n (lote) | 0,64 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 302 | s/n (s/contador) | 0,87 | Ligada | | |
| 07-03-2012 | 303 | s/n (lote) | 0,76 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 304 | 421 | 0,82 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 305 | 455 | 1,04 | Ligada | | |
| 07-03-2012 | 306 | s/n (lote) | 1,07 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 307 | 136 | 1,11 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 308 | 116 - Contador 005PA138213 | 1,03 | Ligada | | sarjetas ligadas à rede residual |
| 07-03-2012 | 309 | s/n | 1,60 | Não ligada | casa velha | tamponada |

| | | | | | | |
|------------|-----|---------------|------|------------|---------------------------------------|-----------|
| 07-03-2012 | 310 | 71 | | Ligada | parafusos não saem, substituir tampa | |
| 07-03-2012 | 311 | s/n | | | soterrada | |
| 07-03-2012 | 312 | 183 | 0,96 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 313 | 174 | 0,86 | Ligada | falta aumento na caixa de ramal | |
| 07-03-2012 | 314 | 155 | 1,28 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 315 | 123 | 1,24 | Ligada | | tampas |
| 07-03-2012 | 316 | s/n | 1,13 | Não ligada | | tamponada |
| 07-03-2012 | 317 | 88 | 1,10 | Ligada | tampa soterrada | |
| 20-03-2011 | 318 | 125 | 1,27 | Não ligada | | tamponada |
| 20-03-2011 | 319 | 115 | 1,24 | Ligada | cons. com tampa de cimento | |
| 20-03-2011 | 320 | 99 | 1,20 | Ligada | | |
| 20-03-2011 | 321 | rede paralela | 1,32 | Ligada | | |
| 20-03-2011 | 322 | s/n | | | veículo estacionado por cima da caixa | |
| 20-03-2011 | 323 | 67 | | Ligada | está soterrada, precisa ser levantada | |
| 20-03-2011 | 324 | 15 | 0,94 | Ligada | | |
| 20-03-2011 | 325 | 121 | 0,70 | Não ligada | Base, aumento Uponor, tampa quadrada | |
| 20-03-2011 | 326 | 51 | 0,90 | Ligada | | |
| 20-03-2011 | 327 | 41 | 0,39 | Ligada | | |
| 20-03-2011 | 328 | 31 | 0,68 | Ligada | Semi-obstruída, falta meia cana | |
| 20-03-2011 | 329 | 13 | 0,59 | Não ligada | | tamponada |
| 21-03-2011 | 330 | Sanitários | 0,65 | Ligada | | |

| | | | | | | |
|------------|-----|------------|------|--------|--|---|
| 21-03-2011 | 331 | 320 | 1,80 | Ligada | opunal base 200, aumento 500 corrugado, tampo redonod 500 | sarjeta ligada a rede residual |
| 21-03-2011 | 332 | 313 | 0,71 | Ligada | | |
| 21-03-2011 | 333 | 304/296 | 1,06 | Ligada | Existem fugas na caixa de visita do consumidor | fumos saem pelo pavimento |
| 21-03-2011 | 334 | 280 | | | caixa soterrada, não encontrada | caleiras e sarjeta ligadas |
| 21-03-2011 | 335 | 271 | 0,61 | Ligada | opunal base 160, aumento ---- | |
| 21-03-2011 | 336 | 263 | 1,11 | Ligada | | |
| 21-03-2011 | 337 | s/n (casa) | 0,63 | Ligada | descer tampas | várias infiltrações |
| 21-03-2011 | 338 | 212 | 0,56 | Ligada | falta betuminoso | |
| 21-03-2011 | 339 | 262 | 0,35 | Ligada | | |
| 21-03-2011 | 340 | 248 | 0,69 | Ligada | Base opunal 160, aumento corrugado, 400 | |
| 21-03-2011 | 341 | s/n (casa) | 0,96 | Ligada | tubo cimento 50x50 | |
| 21-03-2011 | 342 | 235 | 0,62 | Ligada | tubo cimento 50x50 | tampas |
| 21-03-2011 | 343 | 215 | 0,42 | Ligada | | caleiras ligadas à rede residual e fugas nas escadas |
| 21-03-2011 | 344 | 132 | 0,65 | Ligada | Base opunal 160, aumento corrugado, 400 | fugas na parede da casa |
| 21-03-2011 | 345 | 27 | 0,60 | Ligada | Base opunal 160, aumento corrugado, 400, tampa redonda 500 | |
| 21-03-2011 | 346 | 8/12 | 0,93 | Ligada | | |

| | | | | | |
|------------|-----|---------------|------|--------|--|
| 21-03-2011 | 347 | rede paralela | 0,96 | Ligada | |
| 21-03-2011 | 348 | 18 | 1,00 | Ligada | |
| 21-03-2011 | 349 | 22 | 0,84 | Ligada | caixa de cimento 40x40 e tampa opunal Pipelife |
| 21-03-2011 | 350 | 26 | 0,73 | Ligada | caixa de cimento 40x40 e tampa opunal Pipelife |
| 21-03-2011 | 351 | 30 | 0,68 | Ligada | caixa de cimento 40x40 e tampa opunal Pipelife |
| 21-03-2011 | 352 | 50 | 1,24 | Ligada | |
| 21-03-2011 | 353 | 72024/00 | 1,15 | Ligada | caleira ligada à rede residual |